Ovidiu Ionaş

NAVE TEHNICE

- 2014 -

Ovidiu Ionaş

NAVE TEHNICE

2014

Contra-coperta

Ovidiu Ionas

NAVE TEHNICE

Pagina de garda

Contra-pagina de garda

CUPRINS

1. INTRODUCERE 7
1.1. Clasificarea navelor tehnice 7
1.2. Piața navelor tehnice 9

2. REMORCHERE
2.1 Descriere 13
2.2 Tipuri de remorchere 15
2.3 Propulsia remorcherelor 19
2.4 Formele remorcherelor 31
2.5 Instalația de remorcaj 37
2.6 Stabilitatea remorcherelor 41
2.7 Remorchere carusel 45

3. ÎMPINGĂTOARE
3.1 Descriere 47
3.2 Tipuri de împingătoare 49
3.3 Propulsia împingătoarelor 50
3.4 Formele împingătoarelor 57
3.5 Alte particularități ale împingătoarelor 60
3.6 Probe specifice împingătoarelor 70
3.7 Împingătoare maritime 72

4. NAVE DE ASISTENȚĂ ŞI SUPORT
4.1 Pilotine 74
4.2 Nave de servicii generale 75
4.3 Nave de stins incendiu 76
4.4 Nave pentru lucrări subacvatice 81
4.5 Nave de asistență scafandri 83
4.6 Nave pentru semnalizarea căilor navigabile 86
4.7 Nave hidrografice 90
4.8 Nave de depoluare 92
4.9 Spărgătoare de gheață 102

5. NAVE DE DRAGARE
5.1 Introducere 112
5.2 Tipuri de drăgi 114
5.3 Echipamente specifice drăgilor 117
5.4 Selecția tipului de dragă 132
5.5 Particularitățile diferitelor tipuri de drăgi 136
5.6 Şalande 161
5.7 Elemente de proiectare a navelor de dragare 166

6. PLATFORME TEHNOLOGICE
6.1 Macarale plutitoare 179
6.2 Docuri plutitoare 192
6.3 Barje semisubmersibile 203
6.4 Nave de ranfluare 207
6.5 Alte tipuri de platforme plutitoare 210

7. NAVE PENTRU ACTIVITĂȚI OFFSHORE
7.1 Prezentare generală 215
7.2 Categorii de nave OSV 216
7.3 Nave de prospecțiuni – SV 217
7.4 Nave de aprovizionare– PSV 219
7.5 Nave de manevră ancore – AH 222
7.6 Nave pentru construcții subacvatice 226
7.7 Nave pentru conducte şi cabluri subacvatice 229
7.8 Nave pentru stocare şi producție - FPSO 233
7.9 Nave rapide de intervenție 235
7.10 Caracteristici generale ale navelor OSV 239

BIBLIOGARFIE 249

1. INTRODUCERE

Această carte reprezintă in principal conținutul cursului de NAVE TEHNICE predat la Facultatea de Arhitectură Navală din cadrul Universității "Dunărea de Jos" din Galați începând cu anul universitar 2010-2011.
Cursul se adreseaza studenților navaliști, dar şi altor specialişti sau nespecialişti interesați de acest domeniu şi concentrează un vast material documentar de specialitate precum şi experiența de 20 de ani acumulată la SHIP DESIGN GROUP Galați în domeniul proiectării navelor tehnice. Este inclusă deasemeni şi experiența şantierelor navale, birourilor de proiectare, Societaților de Clasificare şi furnizorilor de echipamente din România şi din Europa. Materialul prezentat conține atât elemente descriptive cu rol de informare şi prezentare generală a particularităților diferitelor tipuri de nave tehnice, cât şi concepte inginereşti utile în proiectare şi exploatare.

De departe, navele tehnice constituie domeniul cel mai dinamic al cercetării, proiectării şi construcțiilor de nave civile. Dat fiind caracterul exploziv al dezvoltării domeniului, este perfect posibil ca anumite informații cuprinse în prezentul curs să fie depăşite tehnologic chiar din momentul editării. Recomandăm cititorului actualizarea informației prin acces la paginile web specializate.

1.1 Clasificarea navelor tehnice

O posibilă clasificare a categoriilor de nave este dată de funcția principală a navei:

- Nave civile
  - Nave de transport mărfuri – cargouri, nave tanc, vrachiere, Ro-Ro, port-containere, etc.
  - Nave de pasageri
  - Nave de pescuit
  - Nave de agrement
  - Submersibile
  - Platforme de foraj şi extracție
  - **Nave tehnice**
- Nave militare

Dat fiind multiplele cazuri de nave cu funcții combinate, această clasificare este uneori convențională. În cazul navelor cu funcții mixte încadrarea lor se face după caracteristica dominantă.

În categoria "Nave tehnice" sunt incluse nave sau instalații plutitoare civile, de suprafață, a căror funcție este alta decât transportul de mărfuri, transportul de pasageri, agrement sau activități legate de pescuit. În nomenclatura internațională, acest tip de nave nu au dedicată o categorie aparte, fiind încadrate fie la categoria "non-cargo ships" fie la categoria "others". Acest fapt are un caracter istoric, până recent navele tehnice – deşi foarte diverse ca tip - reprezentau circa 5% din totalul navelor şi ca atare nu s-a considerat necesar atribuirea unei categorii distincte. În ultima perioadă – în principal legată de exploatarea resurselor marine – această categorie de nave este din ce în ce mai largă şi conține sub-categorii din ce in ce mai individualizat.

Clasificarea navelor tehnice se poate face după:

- zona de navigație – maritim, costier, ape interioare
- existența unui sistem de propulsie propriu – propulsate sau nepropulsate
- domeniul de activitate

Domeniile de activitate acoperite de navele tehnice sunt extrem de diverse. În mod frecvent o navă destinată unui anumit scop principal are şi funcții adiționale – ex: remorcher+spărgător de gheață+ navă de stins incendiu+ navă pentru acțiuni de depoluare, etc.

Totuşi pe domenii de activitate, fără a inchide lista, se pot enumera următoarele categorii şi sub-categorii de nave:

- Remorchere – nave destinate remorcajului navelor nepropulsate şi asistența la manevră a navelor propulsate
- Împingătoare – nave destinate împingerii convoaielor de barje sau altor unități nepropulsate
- Drăgi – nave destinate extragerii de material solid de pe fundul apei
- Nave de asistență şi suport pentru susținerea navigației
  - Pilotine
  - Nave de servicii generale
  - Nave de stins incendiu
  - Nave pentru semnalizarea căilor navigabile
  - Nave hidrografice
  - Spargătoare de gheață
  - Nave de salvare
- Nave de depoluare
  - colectare deşeuri de la nave şi/sau de la suprafața apei
  - stocare şi prelucrare deşeuri
  - amplasare a barajelor plutitoare
  - decontaminare – împrăştiat dispersanți, spălare maluri

- Nave de asistență subacvatică
  - Nave pentru lucrări subacvatice
  - Nave de asistență scafandri
- Nave de suport offshore
  - Nave de prospecțiuni
  - Nave de aprovizionare
  - Nave de manevră ancore
  - Nave pentru construcții subacvatice
  - Nave pentru instalare conducte şi cabluri subacvatice
  - Nave pentru stocare şi producție
  - Nave rapide de intervenție
- Platforme tehnologice: unități – de regulă nepropulsate – destinate desfășurării de lucrări în zona acvatică sau la țărm
  - macarale plutitoare
  - transloadere
  - docuri plutitoare
  - barje semisubmersibile
  - pontoane de ranfluare
  - platforme de derocare şi sonete
- Structuri plutitoare: unități nepropulsate, costiere, destinate unor construcții plutitoare cu destinație civilă şi industrială
  - pontoane de acostare
  - poduri de pontoane
  - uzine plutitoare
  - stații de combustibil, stații de pompare
  - aeroporturi, parcări, depozite, locuințe, spitale, bazine, etc.

1.2 Piața navelor tehnice

Fară a face o analiză detaliată, diagramele prezentate în continuare (valabile la data redactării cursului) evidențiază câteva tendințe. Pâna în anii 2000, navele tehnice au avut o piață relativ constantă de circa 5-6% din totalul tonajului construit. Deoarece majoritatea navelor tehnice sunt de mici dimensiuni, ponderea acestora din numărul total de nave construite este semnificativ mai mare. Dezvoltarea activităților de explorare şi exploatare marină, în principal legată de industria petrolului şi gazelor, a făcut ca în anii 2010 ponderea navelor tehnice să crească până la 7% din total CGT (Compensated Gross Tonnage). Pentru perioada pâna în 2030, ponderea mondială din total CGT se estimează a fi peste 10% (fig. 1.1).

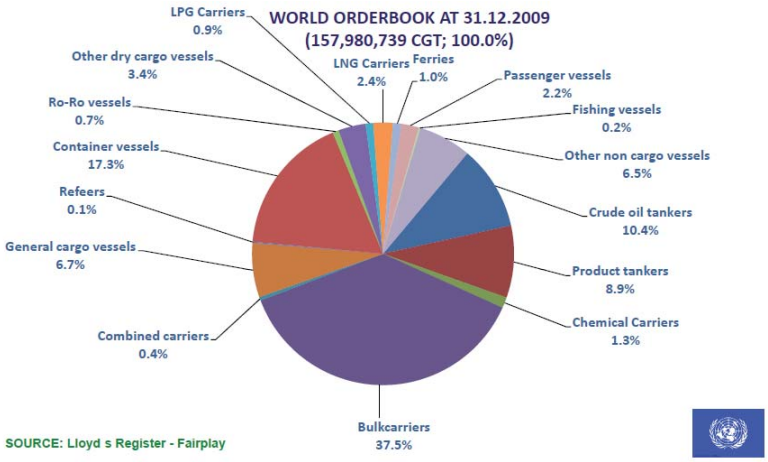


Fig. 1.1- Distribuția comenzilor pe tipuri de nave la nivel mondial în anul 2009 (CGT)

Pe de altă parte, majoritatea navelor tehnice sunt nave de mare complexitate şi care utilizează echipamente de înaltă tehnologie. Aceasta face ca deocamdată să fie mai puțin atractive pentru unele mari puteri în construcții navale. Drept consecință, majoritatea firmelor de proiectare, producători de echipamente şi şantiere navale specializate pe nave tehnice se găsesc în Europa. În cadrul CESA (Community of European Shipyards Associations, actualmente SEA Europe), ponderea construcției de nave tehnice a fost în ultima perioadă de apropape 20% şi se aşteaptă o creştere la peste 40%. (fig. 1.2)

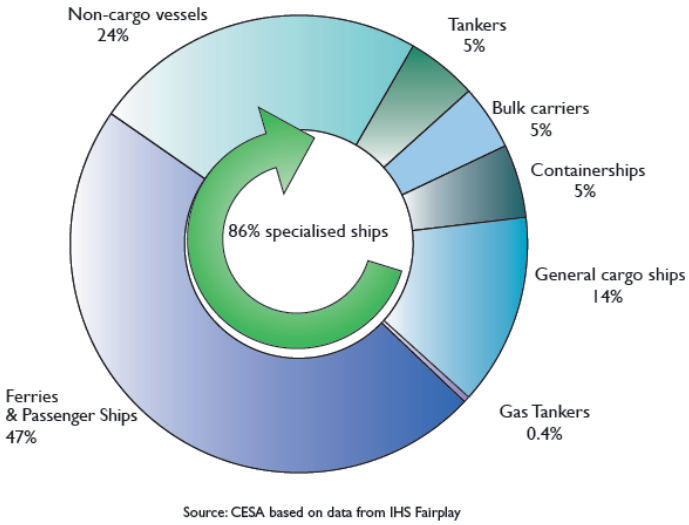


Fig. 1.2- Distribuția comenzilor pe tipuri de nave în Europa

Pe de altă parte se constată: (fig. 1.3 – 1.4; sursa: CESA/SEA):

- cota de piață în creştere uşoară la nivel global a navelor tehnice
- cota de piață în creştere rapidă la nivel EU a navelor tehnice
- specializarea țărilor EU (şi a României) în producția de nave tehnice

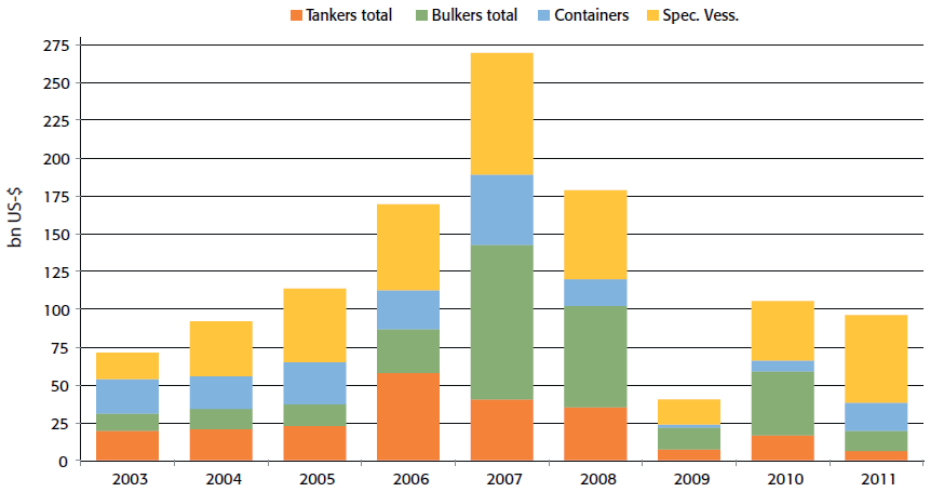


Fig. 1.3- Evoluția valorică in timp a comenzilor pe tipuri de nave la nivel mondial

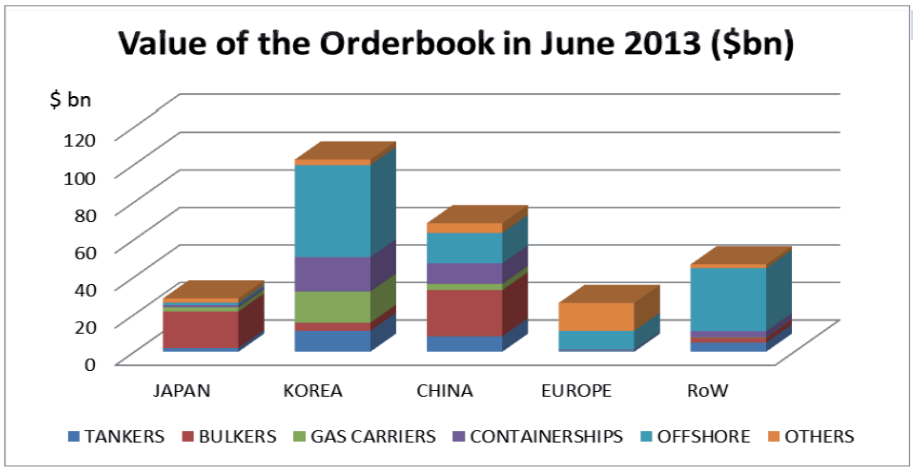


Fig. 1.4- Distribuția comenzilor pe tipuri de nave între marii producători în construcții navale

Un alt element interesant de analizat îl reprezintă evoluția unui sector dominant în piața navelor tehnice şi anume navele de tip OSV (offshore support vessels). Se constată implicarea ce in ce mai agresivă a marilor producători, în principal Korea, China şi Brazilia pe piața navelor OSV, acoperind intreaga gama de tipuri de nave (fig. 1.5- 1-6, sursa: CESA/SEA).

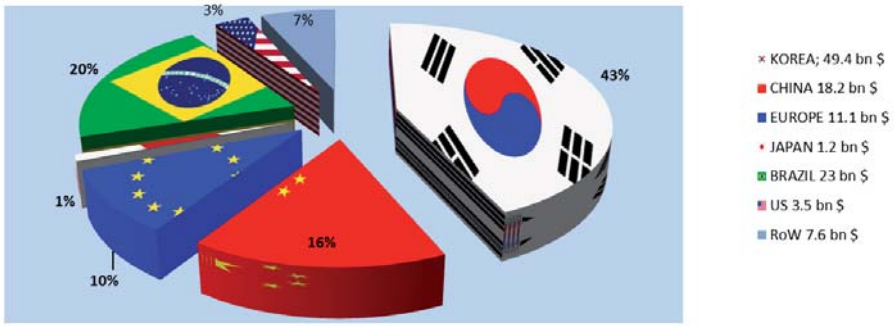


Fig. 1.5- Distribuția comenzilor de nave tip OSV între marii producători

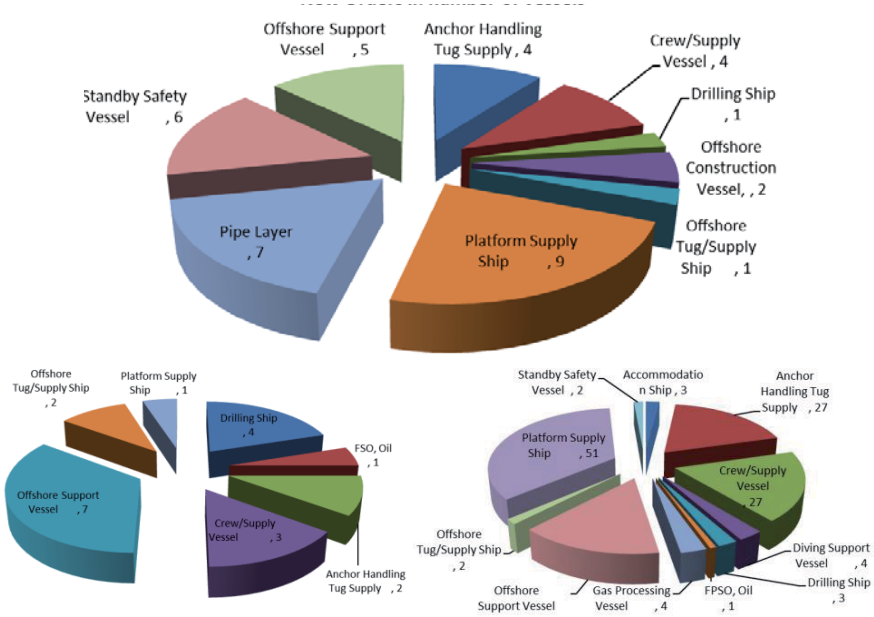


Fig. 1.6- Distribuția comenzilor pe tipuri de nave OSV între marii producători Europa (sus), Korea (st. jos), China (dr. jos)

2. REMORCHERE

2.1 Descriere

Remorcherele sunt nave destinate manevrării altor nave sau unităților plutitoare prin tragere sau împingere. Ele sunt destinate operării în mare deschisă, rade şi porturi, canale sau pe apele interioare. Pe lângă funcția principală de tragere, remorcherele sunt dotate cu instalații şi echipamente care să permită îndeplinirea altor activități cum ar fi salvare, stins incendiu, depoluare, spargerea gheții, transport ocazional. Remorcherele sunt specializate pe diferite tipuri de operațiuni, fapt care conduce la caracteristici constructive şi funcționale diferite.
Caracteristica principală a unui remorcher este puterea şi, în directă corelație cu aceasta, tracțiunea la cârlig (bollard pull). Este uzuală identificarea categoriei unui remorcher nu prin puterea motoarelor de propulsie, ci prin TBP (Tones Bollard Pull). Ex. ASD Tug 60 TBP.

Pe lângă caracteristica de tracțiune, un remocher trebuie să îndeplinească şi alte cerințe constructive în corelație cu funcționalitatea:

- manevrabilitatea
- tracțiunea în orice direcție
- stabilitatea la valuri, girație violentă, tracțiunea parâmei de remorcare şi efectul monitoarelor (tunurile de apă)
- construcția robustă
- protecția la eşuare
- vizibilitatea foarte bună din timonerie

Elementele caracteristice ale unui remorcher sunt:

- sistemul de propulsie
- instalația de remorcare
- sistemul de guvernare

Acestora se adaugă sisteme opționale care diversifică funcționalitatea remorcherului. Dintre acestea se pot aminti:

- sisteme de depoluare: baraj antipoluant, skimmer, tanc colectare reziduuri, instalație de împrăştiere dispersanți, sisteme de spălare maluri, sisteme de colectare reziduuri solide de la suprafață, etc.;
- sisteme de stins incendiu: monitoare, pompe, tanc de spumogen, sisteme de perdea de apă;
- sisteme de încărcare - descărcare - transport: macara, spațiu liber pe punte, magazie, tancuri de cargo, etc.;
- sisteme de asistență scafandri: pompe şi rezervoare de aer, barocamera, submersibil ROV;
- sisteme de asistență medicală: cabinet medical, echipamente medicale, sistem de scos om din apă, zona de ambarcare în elicopter, etc.;
- sisteme de ranfluare: pompe de extracție, submersibil ROV, echipamente de detectare, etc.;
- spargător de gheață: forma specifică, corp întărit, propusie adaptată navigației prin gheață, sisteme de degivrare, etc.

În figura 2.1se prezinta planul general tipic al unui remorcher multi-functional. Se vor remarca dotări, elemente constructive şi de amenajare specifice:

- sistemul de propulsie azimutal cu transmisie cu ax cardanic
- sistemul de remorcare dual, cârlig + vinci de remorcă cu A-frame
- dotările de depoluare: skimmer + aripi de împrăştiere dispersant + baraj antipoluant, tanc colectare reziduuri
- dotările Fi-Fi: pompe acționate de motoare, monitoare, tanc spumogen
- spațiu pe punte pentru depozitat geamanduri
- macara de manevră skimmer sau baraj sau geamanduri
- baba dublă în prova pentru tracțiune cu prova
- brâu de cauciuc dublu la prova şi simplu la pupa
- pupa specifică sistemului de propulsie azimutal
- gurna din frânturi şi forma din suprafețe riglate
- derivor de protecție la eşuare al propulsoarelor
- timoneria cu vizibilitate 360°
- puntea pupa liberă şi protejată şi magazia de parâme

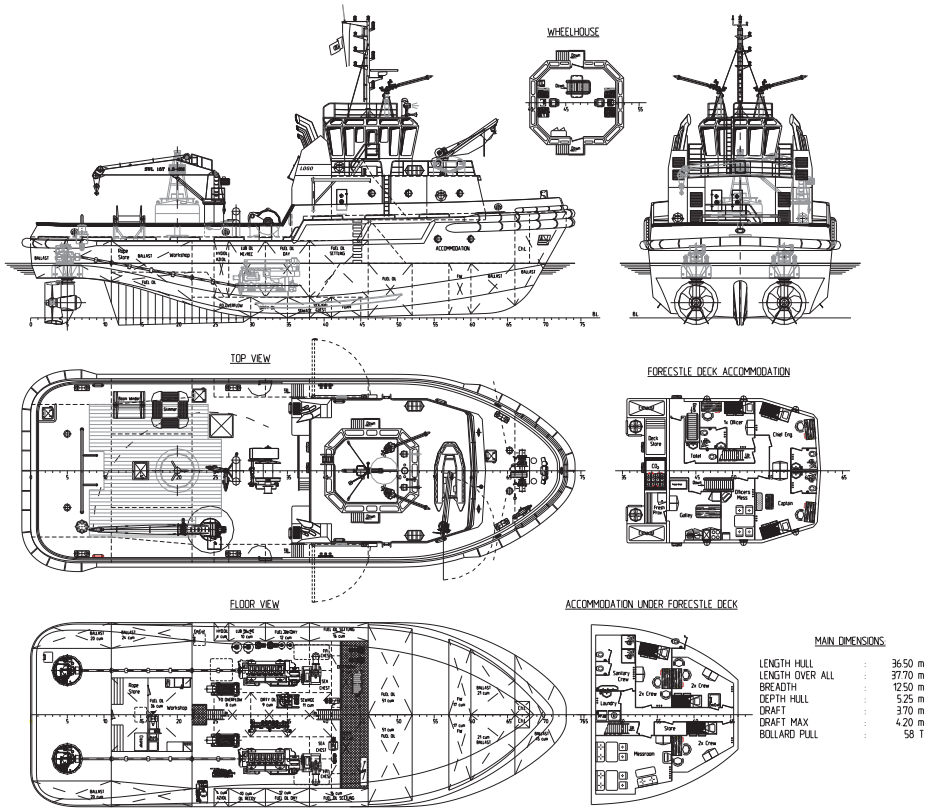


Fig. 2.1 – Plan general remorcher costier multifuncțional

2.2 Tipuri de remorchere

Clasificare dupa zona de navigație

- nelimitată
- costieră
- ape interioare sau protejate

Diferențierea remorcherelor dupa zona de navigație este dată de adaptarea acestora la condițiile specifice de navigație, respectiv starea diferită a mării şi îndepărtarea de țărm. Astfel la remorcherele cu zona de navigație nelimitată:

- formele navei sunt adaptate navigației în valuri înalte – bord liber crescut, prova înălțată cu unul sau două nivele de teugă, raportul L/B crescut;
- cerințele de stabilitate intactă şi de avarie sunt mai severe;
- deschiderile în corp şi suprastructuri sunt cu grad înalt de etanşare, geamurile au un înalt grad de rezistența;

- autonomia este mărită prin creşterea capacității de stocare combustibil, apă, provizii şi reziduuri;
- spațiile pentru echipaj sunt mari, adaptate voiajelor de lungă durată;
- sistemele importante sunt cu grad înalt de redundanța;

Pe măsură ce zona de navigație se reduce, caracteristicile de mai sus se diminuează.

Fig. 2.2 – Remorcher oceanic

Fig. 2.3 – Remorcher costier

Clasificare după sistemul de propulsie

- linie de axe ST
- azimutal la pupa ASD
- tractor cicloidal VSP (Voith Schneider)
- tractor azimutal ATT
- combinat

Diferențierea remorcherelor după sistemul de propulsie este dată de tipul sistemului de propulsie utilizat. Mai multe detalii în paragraful despre propulsia remorcherelor.

Clasificare dupa sistemul de remorcaj

- la cârlig
- pe vinci
- carusel

Diferențierea remorcherelor după sistemul de remorcaj este dată de tipul sistemului de remorcaj utilizat. Mai multe detalii în paragraful despre instalația de remorcaj.

Clasificare dupa destinația principală

- de linie
- de manevră
- salvator
- de escortă
- AH (anchor handling)
- multifuncțional

Diferențierea remorcherelor după destinație este dată de principala utilizare pentru care a fost proiectată nava.

- Remorcherele de linie sunt destinate remorcării pe distanțe lungi a unităților nepropulsate. Sunt utilizate la transportul barjelor maritime, platformelor marine, navelor rămase fără propulsie, navelor în construcție, etc. Caracteristicile principale ale acestor remorchere sunt puterea suficientă pentru asigurarea vitezei necesare de remorcare, capacitatea de a naviga în condiții meteo severe, autonomia suficientă. Pentru a atenua deriva produsă de remorcă, aceste nave au dimensiuni laterale mari (lungime şi pescaj) precum şi suprafețe laterale (derivoare, cârme) dezvoltate care să mărească aria de derivă. Pentru a mări flexibilitatea acestor nave şi exploatând puterile foarte mari instalate (pâna la 20000 kW cu forța de tracțiune de până la 300 TBP), aceste nave au şi dotări specifice de remorcher salvator şi/sau remorcher de escortă.
- Remorcherele de manevră destinate remorcării şi manevrării navelor în porturi, pe canale şi ecluze, acolo unde capacitățile manevriere ale navelor remorcate nu sunt suficiente. Sunt utilizate la manevrele de ghidare, oprire, întoarcere şi acostare ale navelor. Caracteristicile principale ale acestor remorchere sunt puterea suficientă pentru controlul navei remorcate şi capacități de manevră foarte bune. Sunt în general echipate cu sisteme de propulsie omnidirecționale (azimutale sau cicloidale) care permit realizarea forței de tragere fără a fi necesară alinierea remorcherului pe direcția de tragere. Instalația de remorcaj permite prinderea remorcii atât în pupa cât şi în prova remorcherului. Zona prova este ramforsată pentru a permite şi împingerea cu prova a navei manevrate. Cele mai multe remorchere de manevră sunt dotate cu instalații auxiliare care le permit să efectueze şi alte servicii în zonele portuare cum ar fi acțiuni de combaterea poluarii, stins incendiu şi escortă în apropierea portului. În unele cazuri, forma şi amenajarea propulsiei au fost adaptate pentru funcția de spărgător de gheață uşor pentru zona portuară şi pe ape interioare.
- Remorcherele de salvare sunt destinate în principal salvării navelor aflate în dificultate (eşuate, rămase fără propulsie sau guvernare) şi a echipajului acestor nave. În general remorcherele de linie (de mare putere şi capabile să navige în orice condiții de mare) sunt utilizate şi ca remorchere de salvare cu condiția dotării cu echipamente specifice (vezi BV Pt D, Ch 14, Sec 2, table 4). Dintre acestea se pot aminti: pompe de drenaj mobile, pompe de incendiu, aparate de scufundări, măşti de gaze, panouri de vitalitate, macarale de manevră, aparate de sudură şi tăiere, cabluri, parâme, sisteme portabile de iluminat, etc. În plus, sunt necesare echipamente de salvare vieți umane şi asistență medicală, zona de preluare în elicopter (nu neaparat aterizare a elicopterului), etc.

- Remorcherele de escortă au apărut ca urmare a numeroaselor eşuari în zonele de coastă soldate cu catastrofe ecologice. Ca şi consecință, pentru reducerea riscului acestui tip de accidente, au fost emise reglementări internaționale (Regulation 3-4 of SOLAS, Chapter II-1, Part A-I) şi reguli naționale de navigație. Aceste reguli prevăd ca toate navele tanc de peste 20000 tdw să fie prevăzute cu sisteme de legare rapidă la remorcher în cazul pierderii propulsiei şi / sau guvernării şi să fie escortate de un remorcher specializat în zonele costiere şi în vecinătatea porturilor. Unele autorități portuare au extins cerința şi asupra unor alte tipuri de nave. Ca urmare, a apărut obligativitatea prezenței în zonele de risc a unor nave specializate, remorcherele de escortă. Un remorcher de escortă trebuie să dispună de putere şi calități manevriere suficiente astfel încât (conform USCG) să:
  - tracteze nava remorcată cu 4 nd în apa calmă sau să o țină staționară împotriva unui vânt de 45 nd
  - să oprească nava remorcată de la viteza de 6 nd în aceeaşi distanță în care nava opreşte cu mijloacele proprii
  - să poată ține pe direcție nava remorcată când aceasta navigă cu 6 nd cu cârma blocată la 35°
  - să poată întoarce nava remorcată la viteza de 6 nd pe acelaşi cerc de giratie pe care nava îl realizează cu mijloace proprii

  Din cerințele de mai sus rezultă că remorcherul de escortă trebuie să poată dezvolta forța de tracțiune pe direcție oblică atât față de remorcă cât şi față de remorcher. Aceasta face ca remorcherele de tip tractor (azimuth sau VSP) să fie recomandate pentru acest tip de operații.

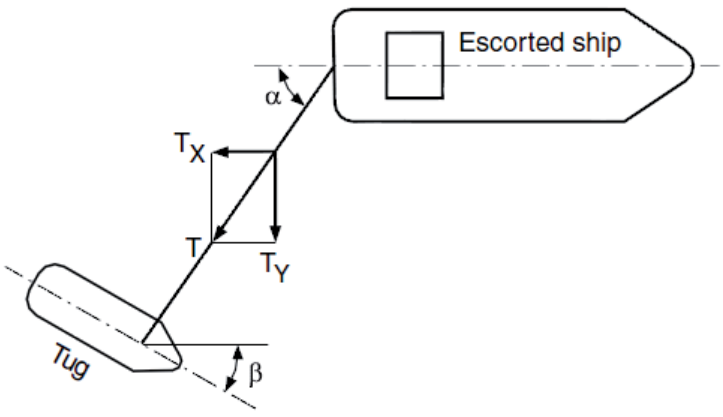


Fig. 2.4 – Configurația tipică de calcul pentru escortă (cf. BV)

Puterea sistemului de propulsie al remorcherului de escortă necesară atingerii acestor performanțe se poate obține în prima aproximație cu relația P [CP] = 0.05 Dwt, unde Dwt este deadweight-ul navei remorcate. În

Regulile Societăților de Clasificare se indică metode de calcul mai elaborate pentru determinarea acestei puteri în corelație cu performanțele sistemului de guvernare (Ex: BV Pt D, Ch 14, Sec 2).

- Remorcherele de manevră ancore (anchor handling) sunt nave specifice industriei off-shore şi sunt destinate poziționării şi mutării ancorelor platformelor de foraj sau barjelor de amplasat conducte (pipe layer). Specifice acestor nave sunt: capacitatea de a lucra în mare agitată, forța mare de tracțiune, sistemele adiționale de manevrabilitate (bow şi stern thrustere), sisteme de poziționare dinamică, vinciuri de manevră mari, rolă de pupa pentru cablurile (lanțurile) ancorelor, punte pupa deschisă cu spațiu liber de lucru şi depozitare ancore. În plus majoritatea navelor AH sunt prevăzute cu spații de depozitare pentru încărcături specifice platformelor de foraj (noroi, ciment, lanțuri, țevi, combustibil, apă, etc.), aceste nave purtând abrevierea de AHTS (Anchor Handling Tug Supplier). Alte particularități ale acestor nave sunt: timoneria cu comanda dublă, prova şi pupa, vizibilitate bună asupra punții, sisteme anti-ruliu, sisteme de lansare-ridicare pe punte a ancorelor mari (tip A frame). Mai multe detalii se vor prezenta la capitolul dedicat navelor pentru operațiuni offshore.
- Remorcherele multifuncționale îmbină calități nautice şi dotări specifice mai multor funcții astfel încât să poată fi utilizate în diferite situații. Practic nici un remorcher nu este proiectat a fi dedicat exclusiv unei singure funcții. Cele mai frecvente combinații sunt: linie-salvator-escortă, manevră-depoluare-stins incendiu, AH-linie-salvator-stins incendiu.

2.3 Propulsia remorcherelor

Caracteristica principală a unui remorcher o reprezintă forța de tracțiune şi direcția în care aceasta este dezvoltată. Pentru aceasta, sistemul de propulsie reprezintă elementul central în proiectarea unei astfel de nave. Cu unele excepții (remorchere salvator şi remorchere de escortă) viteza de marş liber a navei nu reprezintă o cerință specifică. Uzual, viteza de marş liber a remorcherelor este de 10 .. 12 noduri. În cazul remorcherelor salvator şi al remorcherelor de escortă, din necesitatea de a ajunge rapid în zona de intervenție, viteza se impune prin cerința de proiectare, de obicei în zona 15..17 noduri.

Sisteme de propulsie

Se utilizează trei tipuri de sisteme de propulsie

- linie de axe
- propulsoare azimutale
- VSP (Voith Schneider Propulsion)

Propulsoarele azimutale sau VSP pot orienta forța de propulsie în orice direcție (omnidirecționale) şi nu necesită alte echipamente de guvernare.
Remorcherele dotate cu propulsoare omnidirecționale pot avea propulsoarele amplasate la pupa (stern drive) sau la mijloc-prova sub navă. Acest ultim tip de aranjament conduce la aşa-numitele remorchere tractor.
Se utilizează următoarele abrevieri pentru tipurile de remorchere în funcție de configurația propulsiei:

ST – shaft tug – nava cu linie de axe

ASD – azimuth stern drive – navă cu propulsoare azimutale amplasate la pupa

VSP – nava cu propulsoare Voith Schneider (în cele mai multe cazuri sunt tip tractor tug)

ATT – azimuth tractor tug - navă cu propulsoare azimutale amplasate central

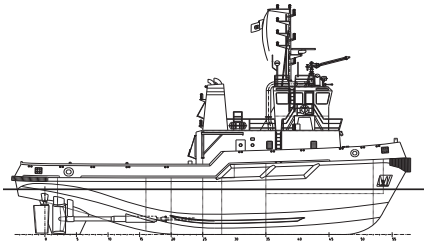


Fig. 2.5 – Remorcher cu linie de axe

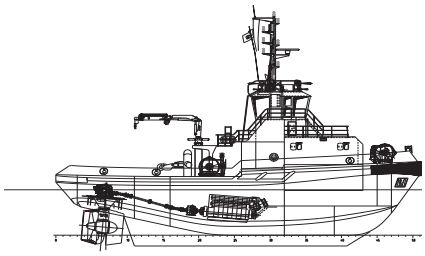


Fig. 2.6 – Remorcher tip ASD)

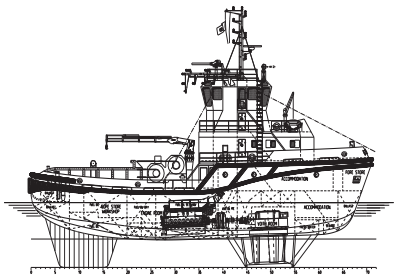


Fig. 2.7 – Remorcher tractor Voith-Schneider

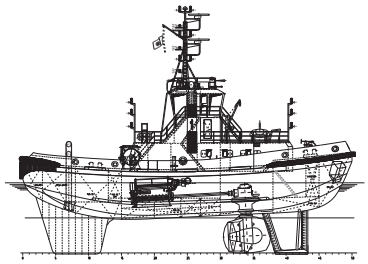


Fig. 2.8 – Remorcher tractor azimutal

Alegerea tipului de propulsor – elice pe linie de axe, elice pe sistem azimutal la pupa, elice pe sistem azimutal la centru sau cicloidal - este determinată în principal de caracteristicile manevriere avute în vedere.

- Propulsia tip linie de axe asigură guvernarea navei prin sistemul clasic cu cârme. Forța de tracțiune este dezvoltată numai pe axa longitudinala a navei şi numai spre înainte, tracțiunea laterală sau la mers înapoi fiind

slabă. Cea mai frecventă utilizare a acestui sistem de propulsie se întâlneşte la remorcherele de linie.

- Propulsia tip ASD (azimutal la pupa) asigură o mai bună guvernare decât sistemul cu linie de axe şi dezvoltarea forței de tracțiune maxime în orice direcție. Totuşi, amplasamentul la pupa al propulsiei face ca guvernarea să se realizeze prin rotația navei ceea ce conduce la limitarea forței de tracțiune în direcție transversală. Acest tip de propulsie permite tracțiunea maximă atât spre înainte cât şi spre înapoi ceea ce permite utilizarea navei la remorcarea cu pupa sau cu prova. Cea mai frecventă utilizare a acestui sistem de propulsie se întâlneşte la remorcherele de manevră în port şi radă.
- Propulsia tip tractor, prin amplasarea propulsoarelor la mijlocul navei, permite dezvoltarea forței de propulsie maxime în orice direcție fără a mai fi necesară întoarcerea remorcherului, conferind astfel o mare flexibilitate în operare. Principală limitare a utilizării sistemului de tip tractor o constituie pescajul mare (5-8 m) dat de amplasarea propulsoarelor sub navă, ceea ce permite utilizarea numai în zone cu apă de adâncime mare. Cea mai frecventă utilizare a acestui sistem de propulsie se întâlneşte la remorcherele de manevră (acolo unde adâncimea în port permite) şi la remorcherele de escortă.

Elicea

Exceptând propulsoarele cicloidale (VSP), toate celelalte variante utilizează elicea ca element de propulsie. Proiectarea sistemului de propulsie la un remorcher se face cu metodele obişnuite de proiectare a elicei cu câteva particularități.

- Punctul de proiectare: exceptând unele situații speciale, punctul de proiectare al elicei se alege la viteza 0. Aceasta asigură dezvoltarea unei forțe de tracțiune maxime cu nava staționară, folosind toată puterea motoarelor dar fără a le suprasolicita chiar în cazul unei viteze de avans negative. Proiectarea "la punct fix" face ca în marş liber elicea să nu poată absorbi toată puterea motoarelor. De regulă, proiectarea se face având ca date inițiale tracțiunea la punct fix (din caietul de sarcini) şi diametrul elicei din considerente geometrice de amplasare a elicei. Se impun viteza de avans în discul elicei va=0 şi coeficientul de siaj w=0. Coeficientul de sucțiune se calculează în funcție de formele navei şi amplasarea elicelor sau se poate adopta preliminar t=0.15..0.20 la remorchere cu linie de axe, t=0.10..0.15 la ASD şi t=0.01..0.05 la remorchere tractor.
- Elice încărcată: prin noțiunea de elice încărcată se înțelege elicea la care raportul T/A0 (Tracțiune/Aria discului elicei) este mare. Ca ordin de mărime, se consideră că o elice este încărcată dacă are acest raport peste 40-50 kN/m2. Deoarece diametrul elicei este limitat din considerente de

pescaj iar puterea instalată este mare, în mod frecvent la remorchere se ajunge la valori ale raportului T/A_0 de 60–90 kN/m^2. În consecință se va acorda atenție sporită verificării la cavitație a elicei.

- Elice în duză: amplasarea elicei în duză asigură față de elicea liberă o tracțiune sporită la viteze mici şi un comportament mai bun al elicelor încărcate. Acest lucru face comună utilizarea elicei în duză la remorchere.
- Elice cu pas fix: pentru a evita complicațiile constructive şi ținând cont că doar cu unele excepții viteza de marş liber nu reprezintă o cerință specifică remorcherelor, în majoritatea cazurilor se utilizează elice cu pas fix (FPP). Totuşi la unele tipuri de remorchere – salvare, escortă – se impun şi cerințe de viteză în marş liber. La remorcherele de linie există chiar trei regimuri uzuale: marş liber, remorcaj de linie, tracțiune la punct fix. Ținând cont că elicea este proiectată din condiția de tracțiune la punct fix (Bollard pull), o elice cu pas fix nu va absorbi toată puterea motorului în situația de marş liber a navei, până la 50% din puterea instalată neputând fi utilizată. La remorchere cu funcționare în mai multe regimuri de viteză, din necesitatea de a utiliza maximum de putere în orice regim, se utilizează elicele cu pas reglabil (CPP) atât la sistemul cu linie de axe cât şi la azimutale.

Pentru o evaluare rapidă a relației putere-tracțiune la punct fix, se poate utiliza cu caracter preliminar tracțiunea specifică T/P (tracțiune/putere). La remorchere, în condițiile specifice de mai sus, acest raport are valoarea 160-220 N/kW.

Motoarele principale

Motoarele principale (MP) pentru remorchere se aleg ținând cont de particularitățile funcționale şi de amenajare. Astfel:

- Funcționarea în regim de sarcină variabilă impune aproape exclusiv motoare Diesel pe MDO (Marine Diesel Oil = motorină), combustibilul greu (HFO) fiind rar utilizat doar la remorchere de linie care funcționează mult timp în regim stabilizat.
- Din considerente de amenajare şi spațiu în CM se preferă utilizarea motoarelor rapide sau semirapide care deşi au un consum specific mai mare sunt mai compacte.
- Ținânt cont de regimul de funcționare – timp îndelungat la putere maximă şi frecvent suprasarcină – motoarele se aleg cu setare de rating ridicat (heavy duty, 1 sau A în funcție de producător) ceea ce înseamnă 100% din timp la putere maximă, în cel mai rău caz 80% din timp la putere maximă.
- În mod frecvent arhitectura sistemului de propulsie presupune cuplarea la motoarele principale şi a altor consumatori (pompa de incendiu, generator pe ax, pompa hidraulică de guvernare, etc.) ceea ce necesită ca pe MP sau pe

reductor să se prevadă PTO (Power Take Off), adică prize de putere auxiliare.

- În unele cazuri se pot monta un număr diferit de motoare decât propulsoare (fig.2.13), frecvent în cazul transmisiilor electrice sau hidraulice, caz în care se utilizează un sistem de power management, respectiv pornirea-oprirea automată a unora din motoare în funcție de necesarul de putere din acel moment.

Alegerea puterii motoarelor principale (MP) se face parcurgând etapele:

- Se specifică datele de intrare: sunt tracțiunea la punct fix (din tema de proiectare) şi diametrul elicei (din condiții geometrice de amplasare)
- Se stabileşte o configurație a transmisiei şi se evaluează lanțul de pierderi pe transmisie şi consumurile suplimentare. În lipsa unor date concrete, se pot considera următoarele pierderi:
  - Transmisii mecanice: 1% pentru fiecare lagăr al transmisiei, 2% pentru fiecare treaptă de reducție (în reductor), 1% pentru cuplaj elastic
  - Transmisii electrice: 3% generator, 2.5% tablouri şi convertizoare, 3-4% motorul electric
  - Transmisii hidraulice: 7 % pompa, 6-10 % conducte, valvule, regulatoare, 7% motorul hidraulic

    Pentru consumurile suplimentare de putere se vor avea în vedere generatorul pe ax, pompele (incendiu , guvernare, etc.) şi orice alți consumatori antrenați de MP (cu pierderile aferente cuplării la MP).
- Se determină caracteristicile elicei din diagrama Kt-J la J=0. Deoarece problema este nedeterminată (nu se poate determina turația optimă deoarece formal randamentul este 0), se va face o analiza pe diferite turații adoptate, la fiecare turație se calculează:
  - raportul de pas al elicei: să fie de regulă între 0.7 si 1.1
  - coeficientul Kq şi puterea cu acesta necesară la elice PD
  - se stabileşte puterea la flanşa (MCR) utilizând PD, pierderile pe transmisie şi consumurile suplimentare
  - se aleg din catalog un motor şi un reductor
  - se reevaluează pasul elicei din diagrama Kq-J la J=0 pe puterea şi turația efective şi se calculează tracțiunea reală la punct fix
- Se alege turația pentru care rezultă cea mai bună configurație a sistemului de propulsie din punct de vedere al tracțiunii, motorului, reductorului, transmisiei şi elicei. Nu se vor ignora nici elementele de cost, disponibilitate, fiabilitate, etc.

Aranjamentul propulsiei

Proiectarea remorcherelor se face având ca element central propulsia. Componentele sistemului de propulsie sunt: motorul, cuplajul, reductorul, transmisia, propulsorul.

Ca cerințe generale de amplasare, atât pentru remorcherele cu linie de axe cât şi pentru cele cu propulsoare azimutale sunt valabile câteva cerințe generale privind amplasarea sistemului de propulsie.

- poziționarea şi dimensionarea propulsorului în corelație cu formele pupa, pescajul minim şi maxim astfel încât:
  - diametrul elicei să fie cât mai mare fără a depăşi cel mai de jos punct al navei şi elicea să fie imersată la pescajul minim. Se recomandă ca vârful propulsorului să fie la minim (0.2..0.4) D sub linia de pescaj minim. În cazul în care propulsorul coboară sub linia de bază, pe navă se va amplasa un derivor extins astfel încât acesta să protejeze elicea.
  - formele în zona propulsorului să asigure o curgere bună a apei şi să evite absorbția de aer la marş înainte şi să minimizeze această absorbție la marş înapoi.
  - poziționarea duzei relativ la corp să faciliteze curgerea apei, să minimizeze pierderea de eficiență a duzei (prin zone obturate prin contactul cu corpul) şi să evite crearea de contra-curgere pe exteriorul duzei
  - elicele să fie cât mai depărtate de PD, fără a exista riscul lovirii laterale de cheu în timpul oscilațiilor şi luând în considerare posibilitatea amplăsarii motoarelor în interiorul navei
- poziționarea motoarelor în interiorul navei:
  - formele navei şi spațiul disponibil în CM
  - elementele structurale ale navei (osatura, postamenți)
  - spațiul de mentenanță necesar sub motoare, în lateral şi deasupra lor;
  - spațiul necesar altor echipamente conectate la motoare (reductor, generator pe ax, pompa de incendiu, evacuare gaze, etc.)
- cerințele de amenajare a navei:
  - remorcherele au în general compartimentul maşini la centru, deci cel mai mare spațiu este acordat motoarelor. Trebuie ținut cont însă şi de necesitatea altor spații în zonă (tancuri, spații tehnice, etc.)
  - asieta: motoarele au un aport semnificativ în deplasamentul navei şi poziționarea lor incorectă poate afecta negativ asieta navei.
  - cerințele de stabilitate de avarie: la remorchere compartimentul maşini este de mari dimensiuni şi avarierea acestuia poate compromite nescufundabilitatea navei. Se va căuta un compromis între dimensiunea CM şi amplasarea acestuia astfel încât să se respecte cerințele stabilității de avarie (la tipurile de remorchere la care acestea sunt aplicabile)

Remorchere cu linie de axe (fig. 2.9).
La aceste nave aranjamentul elementelor sistemului de propulsie se face "în linie". Suplimentar se vor avea în vedere:

- spațiul pentru cârme să fie suficient
- lagărele liniei de axe vor fi poziționate astfel încât distanța între ele să respecte cerințele din Reguli
- alinierea cu propulsorul: în unele situații se practică linii de axe înclinate în plan vertical (la navele mici) şi în plan orizontal. Înclinarea liniei de axe nu va depăşi 3-4 grade.

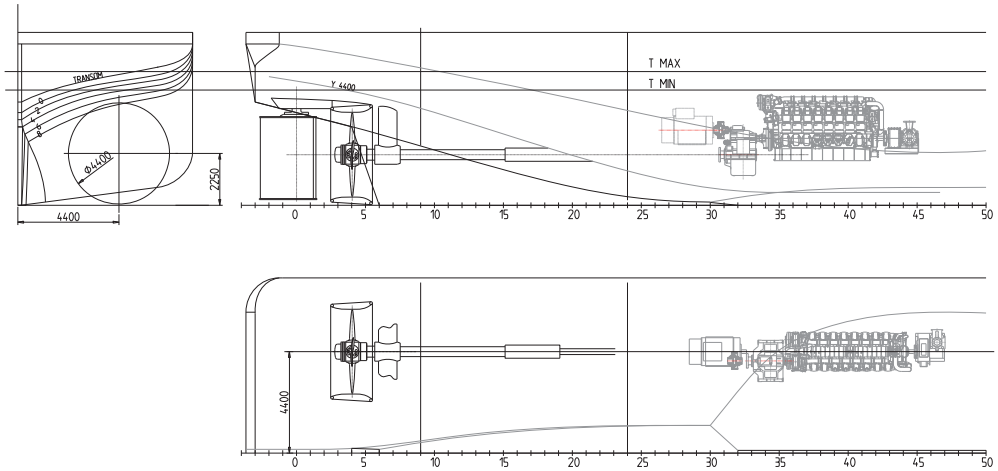


Fig. 2.9 – Aranjamentul sistemului de propulsie la un remorcher de linie

În ceea ce priveşte distanța între propulsoare şi distanța propulsorului față de bordaj se aplică aceleaşi principii ca la remorcherele azimutale.

Remorchere azimutale (fig. 2.10)
Amplasarea propulsoarelor azimutale se face la pupa pentru remorcherele tip ASD si la centru pentru remorcherele tractor.
Pentru a mări performanțele şi în special cele de manevrabilitate, propulsoarele trebuie amplasate cât mai depărtate unul de altul. Distanța minimă recomandată între pozițiile extreme ale propulsoarelor (a se ține cont că acestea sunt rotative 360º) este de 500 mm. Pe de altă parte, amplasarea propulsoarelor trebuie să asigure o distanță de siguranță minimă între propulsoare şi bordajul navei (recomandat 500 mm) pentru a evita lovirea propulsoarelor de cheu sau de nava asistată datorită înclinării remorcherului. Nu este obligatoriu ca unitățile de propulsie să fie amplasate vertical, ele pot fi dublu înclinate -longitudinal şi transversal - cu unghiuri de până la 3º …5º. Această înclinare reduce unghiul axului cardanic, permite amplasarea apropiată a motoarelor fără a influența

distanța între propulsoare şi aduce unele beneficii hidrodinamice în cazul remorcherelor de manevră.

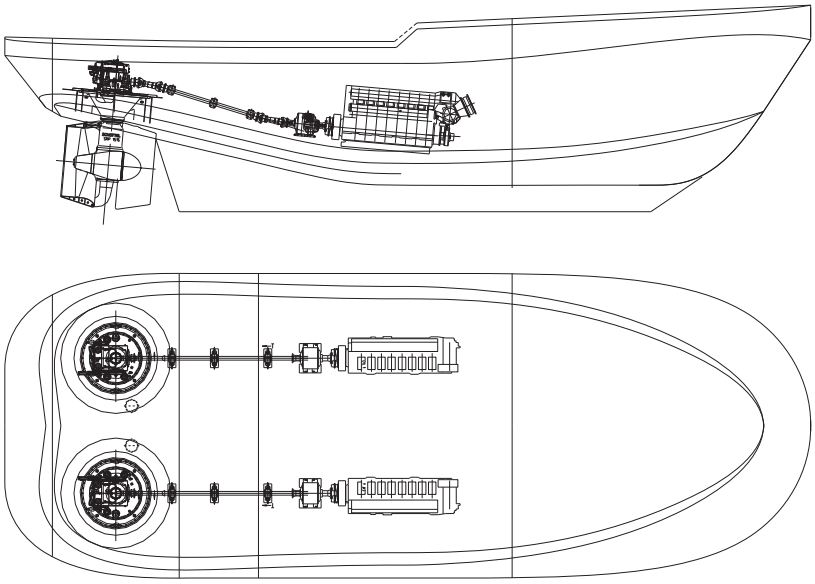


Fig. 2.10 – Aranjamentul sistemului de propulsie la un remorcher ASD cu trasmisie cu ax cardanic

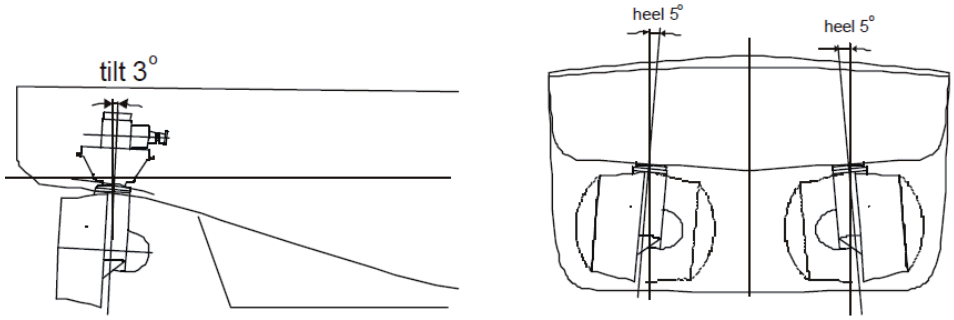


Fig. 2.11 – Amplasarea înclinată a propulsoarelor azimutale

Transmisia puterii de la motoare la propulsoarele azimutale se poate realiza în mai multe moduri:

- mecanică
- electrică
- hidraulică

În cazul transmisiilor electrice sau hidraulice, amplasarea propulsoarelor este independentă de amplasarea motoarelor oferind flexibilitate aranjamentului propulsiei. Totuşi această soluție este aplicată numai în cazuri speciale datorită costului mai ridicat şi a pierderilor mai mari pe lanțul de transmisie comparativ cu transmisia mecanică.

În cazul transmisiei mecanice, legătura între motor şi propulsor se face cu arbore de transmisie. În funcție de aplicație, există mai multe tipuri de cuplare:

- directă – cuplajul motor-propulsor se face direct prin intermediul unui cuplaj elastic; axul motorului este aliniat cu axul propulsorului şi ca atare este necesar să existe spațiu suficient pentru motor în vecinătatea propulsoului.
- cu un singur arbore cardanic în cazul când motorul este amplasat relativ în vecinătatea propulsorului şi aproximativ la acelaşi nivel.
- cu ax cardanic multiplu atunci când motorul este îndepărtat de propulsor şi amplasat mult mai jos (v. fig 2.10)

În cazul utilizării transmisiei cu ax cardanic simplu sau multiplu, trebuie avute în vedere următoarele:

- unghiul între axe trebuie să fie minim 1º şi maxim 6º-6.5º la fiecare articulație
- axele trebuie prevăzute cu lagăre care să susțină greutatea proprie
- trebuie să existe minimum un cuplaj elastic pe lanțul de transmisie

Pentru reducerea unghiului de înclinare a transmisiei cardanice, pe lângă înclinarea propulsorului se poate înclina longitudinal şi motorul principal. Trebuie ținut cont că înclinarea longitudinală totală a motorului (statică + din asieta navei) este limitată de producător (se va consulta catalogul motorului).

Remorchere tractor azimutale (fig. 2.12)
Amplasarea propulsoarelor azimutale se face la centru prova sub chila navei.
Principiile de amplasare sunt asemănătoare cu cele de la remorcherele tip ASD cu următoarele observații:

- amplasarea la centru-prova sub chila navei a propulsoarelor asigură o diferență de nivel mică între motoare şi propulsoare, ceea ce face mai simplă transmisia cardanică
- unghiurile de amplasare ale propulsoarelor sunt date de forma fundului
- existența unui derivor extins la pupa şi a protecțiilor la prova pentru protejarea propulsoarelor

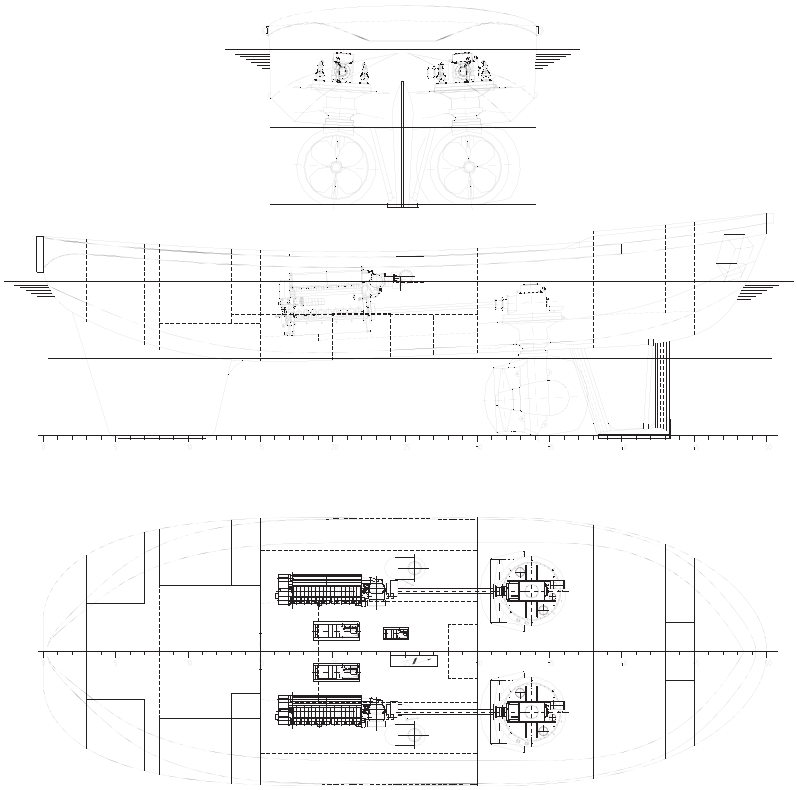


Fig. 2.12 – Aranjamentul sistemului de propulsie la un tractor azimutal

Remorchere tractor Voith Schneider (fig. 2.13)
Amplasarea propulsoarelor azimutale se face la centru prova sub chila navei.
Amplasare propulsoarelor şi formele navei (v. Cap. 2.4) trebuie să respecte cerințele stricte ale producătorului propulsoarelor.
În fig. 2.13 se vor remarca:

- amplasarea propulsoarelor la centru-prova sub chila navei, tipică la navele tip tractor
- unghiurile de amplasare ale propulsoarelor sunt date de forma fundului
- existența unui derivor extins la pupa şi a protecțiilor la prova pentru protejarea propulsoarelor
- transmisia cu cuplaj hidraulic
- utilizarea unor facilități oferite de sistemul VSP
  - două motoare pe fiecare propulsor; nu este obligatorie dar flexibilizează exploatarea
  - amplasarea pompelor de incendiu pe PTO la motor
  - amplasarea generatoarelor pe ax pe PTO la reductor

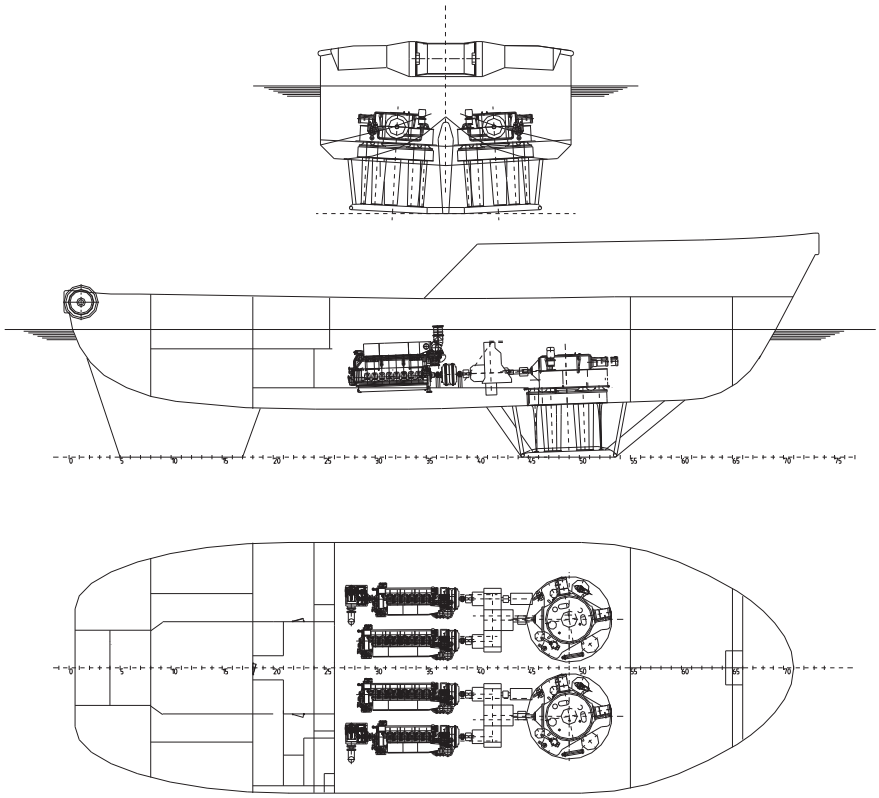


Fig. 2.13 – Aranjamentul sistemului de propulsie la un tractor VSP

Proba de tracțiune (Bollard Pull)

Forța de tracțiune reprezintă forța statică dezvoltată de un remorcher în linia de remorcare la viteza nulă. Forța de tracțiune este cerința contractuală la remorchere şi neîndeplinirea acesteia atrage penalități. Pentru certificarea forței de tracțiune se realizează proba de tracțiune. Această probă se efectuează după finalizarea construcției, iar modul ei de desfăşurare este reglementat de Reguli. Proba se desfăşoară prin legarea remorcherului la cheu sau la geamandură, aducerea motoarelor în regim nominal şi măsurarea forței din linia de remorcare.

Există mai multe definiții ale forței de tracțiune:

- Tracțiunea statică medie în care se măsoară forța medie dezvoltată pe o perioadă lungă de timp (de regulă 5-10 min) prin medierea tuturor valorilor înregistrate în acest interval în regim nominal al motoarelor (100% MCR). Acest tip de probă se consideră ca fiind modalitatea standard de măsurare.

- Tracțiunea statică maximă în care se măsoară forța maximă dezvoltată pe o perioadă scurtă de timp (de regulă 30 sec.) prin medierea valorilor maxime înregistrate în acest interval.
- Tracțiunea maximă reprezintă cea mai mare valoare singulară înregistrată în timpul probei; este informativă, nu se consideră ca fiind tracțiunea nominală a remorcherului.
- Tracțiunea statică medie braziliană în care se măsoară forța medie dezvoltată pe o perioadă foarte lungă de timp (o oră). Datorită inevitabilelor schimbări de curgere a apei pe timpul probei, tracțiunea scade în timp şi tracțiunea medie pe o oră este mai mică decât testul standard de 5-10 min.
- Tracțiunea comercială reprezintă tracțiunea dezvoltată cu motoarele în suprasarcina (110% sau mai mult) în scopul de a obține o valoare "de reclamă" a remorcherului. Nu este recunoscută ca probă oficială, dar multe nave sunt declarate în prospect cu această valoare.

Rezultatele probei de tracțiune sunt influențate de o serie de factori: poziția navei în raport cu cheul, adâncimea apei, lungimea parâmei de remorcare, direcția şi viteza vântului şi a curentului, etc.
Pentru a uniformiza condițiile de probă, se impun reglementări asupra acestora. Cerințele privind condițiile de desfăşurare a probei nu sunt reglementate uniform şi diferă uşor la diferite Societăți de Clasificare.
Cu titlu de exemplu (se vor aplica cerințele Societății de Clasificare care acordă clasa navei), cerințele tipice pentru desfăşurarea probei sunt :

- poziția față de cheu – se va evita amplasarea navei perpendicular pe cheu sau în nişe ale cheului
- lungimea parâmei de legare $L_T > 155 \times (P/1000)^{1/3}$ m
- adâncimea minimă a apei $H > 13.5 \times (P/1000)^{1/4}$ m
- starea de încărcare a navei – la plutirea de plină încărcare, pe asieta dreapta, fără canarisire
- viteza vântului < 5 m/s
- viteza curentului < 1 nod
- acuratețea dinamometrului < ± 2%
- sarcina motoarelor: 100% MCR ± 5%

În cazul în care obiectiv nu se pot îndeplini cerințele privind lungimea parâmei de remorcare şi a adâncimii apei, sunt reglementate şi se admit corecții privind influența acestora asupra tracțiunii.

2.4 Formele remorcherelor

Principii generale de dimensionare

Dimensionarea remorcherelor se face ținând cont de tipul acestora precum şi de reglementările portuare, dimensiunile navelor asistate, spațiul de manevră, condițiile locale de mediu (vânt, curent, maree, etc.).

Valori adimensionale tipice:

L/B = 2.7 - 3.5 la remorchere de manevră
3.5 .. 5 la remorchere de linie şi de escortă
B/T = 2.3 - 3.0
CB = 0.48 - 0.52

Lungimea variază între 20 şi 33 m pentru remorcherele portuare şi poate ajunge până la 60 m în cazul remorcherelor salvator şi de escortă.

Pescajul: Remorcherele se proiectează având ca dată de intrare puterea sau forța de tracțiune. Din putere (forța de tracțiune) în urma calculului propulsiei rezultă diametrul elicei. Pescajul se adoptă cam în domeniul 1.5 – 1.75 din diametrul elicei. Se va face distincția între pescajul corpului şi pescajul maxim. Acestea pot diferi în cazul în care derivorul şi /sau propulsoarele coboară sub linia de bază – cazul remorcherelor tractor şi uneori al remorcherelor azimutale.

Înalțimea de construcție se determină din condiția de spațiu necesar pentru componentele majore (motoare cu instalațiile anexe şi propulsoare) şi este limitată inferior de cerința de bord liber minim.

Utilizând pescajul şi rapoartele între dimensiuni tipice rezultă lungimea şi lățimea. Pentru aceste dimensiuni se verifică:

- respectarea ecuației deplasamentului $\Delta = M$,
  unde:
  $\Delta = \rho\ LBT\ C_B$
  M = suma maselor = Δ_0+Dwt
  unde :
  - deplasamentul navei goale Δ_0 se poate considera în prima aproximație dat de valoarea preliminară a greutății specifice 0.2-0.25 t/m^3 (relativ la produsul LBD). Această greutate specifică este mai mare la remorcherele cu întăriturii pentru gheață sau cu dotări suplimentare.
  - pentru Dwt se calculează rezervele (puterea şi autonomia sunt cunoscute) şi eventuala încărcătură utilă specificată prin tema de proiectare
- bordul liber
- lățimea din condiția de spațiu pentru motoare şi din condiții de stabilitate

Asieta: În general remorcherele se proiectează pentru navigația pe asieta dreaptă. Totuşi pentru a preveni ventilația elicelor în condiții de marş înapoi şi pentru a facilita navigația prin gheață, asieta trebuie să poată fi modificată. Aceasta presupune existența unui sistem de balastare. Se va ține cont de necesitatea modificării asietei la proiectarea formelor (pentru a reduce riscul inundării punții) şi de prezența balastului la determinarea deplasamentului navei (se va analiza cazul de încărcare navă cu toată încărcătura şi cu balast).

Particularități privind formele

Cu unele excepții, formele remorcherelor nu sunt adaptate pentru viteză. Elementele determinante la proiectarea formelor sunt:

- optimizarea zonei de amplasare a propulsoarelor din punct de vedere al spațiului necesar şi al asigurării unei curgeri corecte în zona propulsoarelor
- comportarea bună a navei în mare agitată
- considerarea posibilității de marş cu spatele la toată viteza
- considerarea condițiilor specifice de utilizare, respectiv riscul de lovire cu navele asistate, cu cheul, precum şi riscul de eşuare
- simplitatea tehnologică de construcție

Zona propulsoarelor

a) Remorchere ASD şi ST

Acest tip de nave au pupa tip Pram la care intrarea apei în discul elicei se face în principal în sens longitudinal de sub navă şi nu din lateral. Din acest motiv unghiul format de longitudinale cu planul de bază trebuie menținut cât mai mic posibil. O regulă de urmat este ca acest unghi α (v. fig. 2.14) să nu depăşească valoarea de 13º + (1º pentru fiecare metru pescaj corp navă). Totuşi în nici un caz unghiul α nu va fi mai mare de 18º. Unghiurile mai mari vor cauza ruperea liniei de curent, turbulențe, separarea direcțiilor de curgere şi absorbția de apă din lateral. Aceste fenomene vor conduce la scăderea drastică a performanțelor de propulsie şi ventilarea elicelor.

Nu este utilă şi nici recomandată forma de tip S a longitudinalelor prin aducerea lor spre orizontală în zona propulsoarelor. În sens transversal nu este necesar ca fundul să fie plat în zona propulsoarelor. Dimpotrivă este recomandat ca fundul să aibă o uşoară formă V, descrescătoare de la cuplu maestru şi menținută pâna la oglindă. Chiar şi un unghi de 5º-10º este benefic pentru curgere, slamming şi stabilitate.

În exemplul tipic din figura 2.14 se vor observa:

- înclinarea longitudinală a fundului de 13 grade
- înclinarea de 52 grade a oglinzii
- forma prova plină cu teuga foarte puțin supraînălțată

- gurna cu dublă demarcare şi racordată
- centura delimitată de frântură
- derivorul coborât sub LB pentru protecția propulsoarelor şi extins pâna la prova

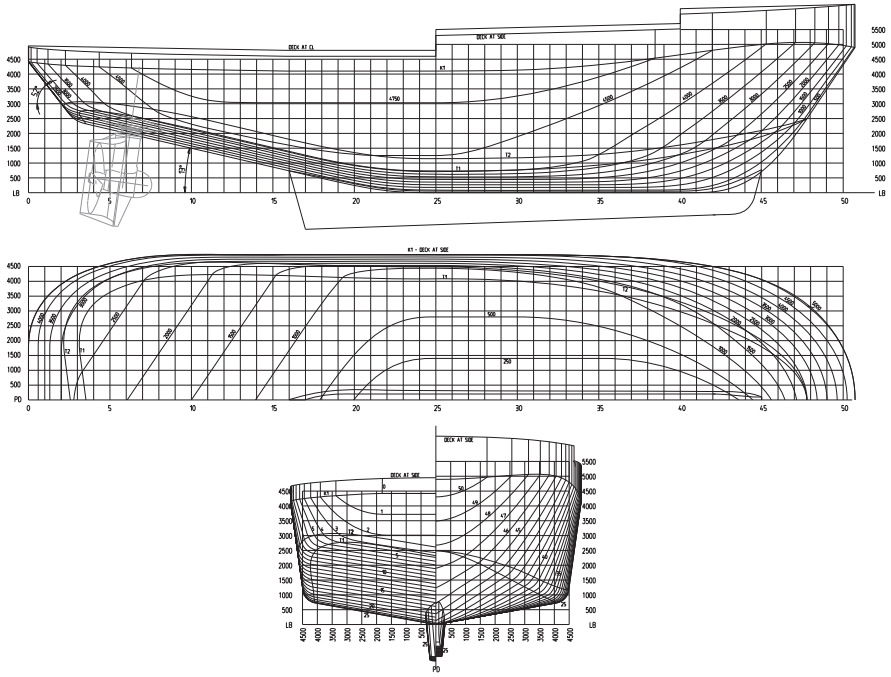


Fig. 2.14 – Plan de forme tipic pentru remorcher ASD (Damen)

b) Remorchere tractor

În cazul remorcherelor tip tractor propulsoarele sunt amplasate în zona centru-prova. În această zonă fundul va fi tip V cu înclinare transversală de 2º-4º față de orizontală, constantă pe toată zona propulsoarelor. În plus, pe zona propulsoarelor, longitudinalele vor fi drepte şi înclinate spre pupa cu 2º - 3º pentru a facilita admisia apei în zona propulsoarelor (fig 2.15). Amplasarea propulsoarelor (azimutale sau VSP) se face dublu înclinat, perpendicular pe suprafața navei în zona respectivă.

În exemplul tipic din figura 2.15 se vor observa:

- înclinarea fundului longitudinală de 2 grade şi transversală de 3 grade în zona propulsoarelor
- pupa ascuțită pentru favorizarea curgerii la marş înapoi
- prova fără teugă

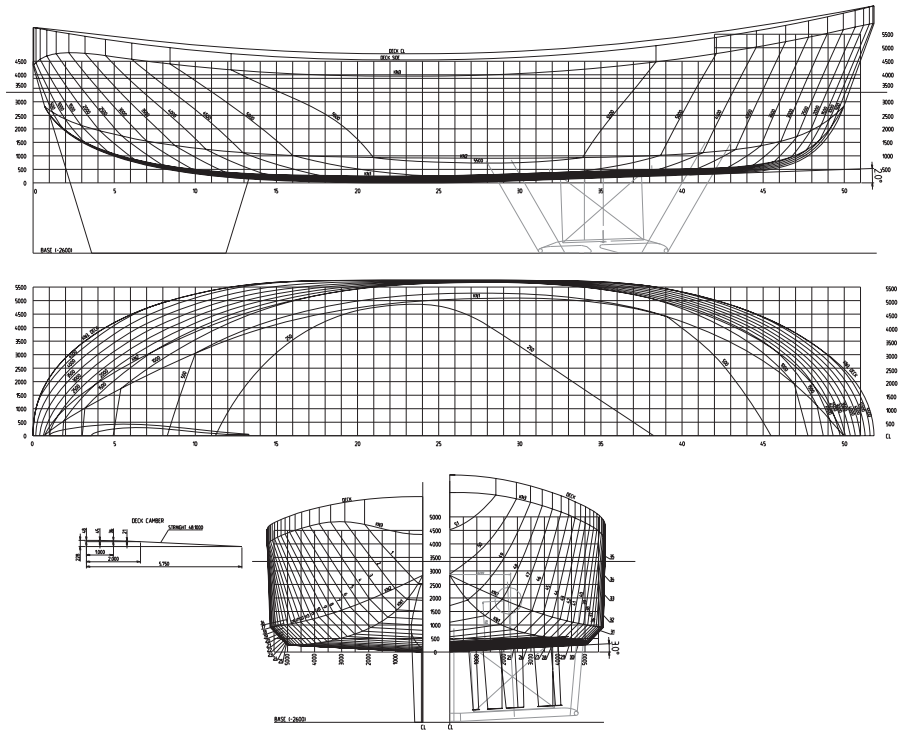


Fig. 2.15 – Plan de forme tipic pentru remorcher VSP (SKD)

Gurna

Din punct de vedere hidrodinamic, forma optimă a gurnei este tip rotunjită cu raza crescătoare spre pupa. Totuşi, din considerente de simplificare tehnologică a construcției se utilizează şi gurna unghiulară. Este recomandat în acest caz utilizarea gurnei cu două frânturi în sens transversal, soluția cu o singură frântură fiind ineficientă hidrodinamic. În cazul utilizării gurnei cu frânturi trebuie acordată atenție liniei gurnei care să fie amplasată în lungul liniei de curent. În caz contrar se va produce separarea curgerii cu efecte negative asupra condițiilor de funcționare a elicelor. Frânturile gurnei trebuie extinse până la oglindă.

Prova

Prova remorcherelor este cu forma coastelor tip V rotunjită şi fără bulb. Deoarece viteza nu este o cerință determinantă de proiectare, unghiul de intrare al liniilor de apă este mare, pâna la 30º-40º. Frânturile de gurnă (dacă există) sau racordarea gurnei se pierd progresiv pâna la etravă.

Puntea în zona prova are curbura transversală pronunțată (1/40 .. 1/50 din B) pentru a facilita scurgerea apei, iar selatura longitudinală este ridicată spre etravă din considerente de comportare bună pe valuri şi la tangaj.
Înalțarea teugii este funcție de destinația remorcherului şi anume:

- La remorcherele cu linie de axe (ST) şi la remorcherele destinate navigației în zone nelimitate, teuga este supra-înalțată cu unul sau chiar doua nivele pentru a face față navigației în valuri mari.
- La remorcherele tip ASD sau tractor, înălțarea provei este redusă la minim şi este obținută numai din selatură sau cel mult dintr-o treaptă a punții (semi-teugă), atât cât să compenseze imersarea provei la tangaj. Aceasta deoarece la aceste nave direcția normală de remorcare la manevră este "peste prova" cu ajutorul vinciului de remorcare instalat pe puntea prova. Amplasarea la înălțime mare a acestui vinci măreşte mult momentul de înclinare dat de parâma de remorcă şi poate pune în pericol stabilitatea remorcherului. În acelaşi timp trebuie avută în vedere înălțimea minimă a etravei impusă de cerințele Load Line Convention.

Extremitatea prova la nivelul punții este rotunjită cu raza mare pentru a nu crea puncte de concentrare la operarea prin împingere.

Pupa
"Colțurile" pupa sunt racordate cu rază mare pentru a permite "rostogolirea" pupei pe nava asistată şi pentru a asigura continuitatea fără colțuri a brâului de protecție.
Puntea în zona pupa are curbura transversală pronunțată (1/40 .. 1/50 din B) pentru a facilita scurgerea apei, iar selatura longitudinală limitată la minim, uneori dreaptă, pentru a nu stânjeni instalația de remorcaj.
În afară de cele de mai sus, formele pupa sunt diferențiate în funcție de tipul remorcherului.
La remorcherele tractor şi uneori la cele ST, formele pupa nu sunt restricționate de prezența propulsiei. Pupa poate fi astfel îngustată cu efecte hidrodinamice benefice. Mai mult, la remorcherele tractor, la care navigația cu spatele este uzuală, formele pupa sunt destul de asemănatoare cu cele prova.
La remorcherele ASD prezența propulsoarelor impune o pupă lată cu oglindă. Imersarea oglinzii trebuie să fie cât mai mică pentru a reduce efectul de sucțiune al oglinzii. Este recomandat ca partea imersă a oglinzii să fie tăiată în sens longitudinal la 45º pentru a îmbunătăți comportarea la marş înapoi. Propulsoarele nu trebuie montate în imediata proximitate a oglinzii pentru a diminua ventilarea elicelor la marş înapoi sau la frânare. Este recomandată ca distanța de la propulsor la extremitatea plutirii să fie aproximativ egală cu pescajul.

Derivorul

Derivorul este un element important al arhitecturii unui remorcher. Rolul acestuia este de a proteja propulsoarele, de a îmbunătăți stabilitatea de drum şi de a fi utilizat ca sprijin la andocare.

La remorcherele ST şi ASD derivorul nu trebuie prelungit excesiv spre pupa, el trebuie să se mențină în afara zonei de acțiune a propulsoarelor – recomandat ca extremitatea pupa a derivorului să se afle la circa un diametru de elice în prova propulsoarelor. În caz contrar, jetul de la elice este redirecționat de derivor şi alterează semnificativ manevrabilitatea. Din motive de protecție la eşuare şi andocare, este recomandat ca derivorul să coboare 200-300 mm sub nivelul inferior al propulsoarelor. În cazul în care derivorul se prelungeşte mult sub linia de bază, derivorul pote fi prelungit în lungul chilei până la etravă.

La remorcherele tractor, derivorul este extrem de pronunțat, profilat hidrodinamic şi coboară suficient sub linia de bază pentru a acoperi gabaritul propulsoarelor. Derivorul împreună cu protecțiile propulsoarelor reprezintă punctele de sprijin la andocare.

Alte cerințe privind forma

Forma şi construcția remorcherului trebuie să țină cont de faptul că puterea instalată este mare şi condițiile de operare sunt dificile. Toate elementele – corp, apendici, suprastructuri, elemente de prindere a sistemului de propulsie, catarge, etc. trebuie sa fie proiectate în aşa fel încât să facă față forțelor mari, manevrelor violente, pericolului de coliziune şi eşuare, nivelului ridicat de vibrații, etc.

Centura

În jurul navei se prevede o centură verticală. Delimitarea între bordaje şi centură se face cu frântură. Lățimea centurii trebuie să fie suficientă pentru amplasarea brâului de protecție şi creşte progresiv spre prova (şi eventual spre pupa) unde brâul de protecție este mai lat. La unele remorchere brâul de protecție de la extremități este de tip tubular, dublu sau triplu. Acest fapt trebuie avut în vedere la stabilirea lățimii centurii.

Parapetul

Parapetul are rol de protecție a echipajului, reducerea riscului de inundare a punții şi sprijin pentru elemente de protecție (cauciucuri şi brâu suplimentar). În general la remorchere nu se prevăd balustrăzi la nivelul punții principale. În parapet se montează nările de bordaj şi uneori babale pentru legare şi manevră. Conform regulilor, parapetul trebuie să aibă minim 1 m înălțime, care poate creşte spre prova pentru a mări efectul de sparge-val.

Parapetul se montează retras față de linia punții cu 100-150 mm şi este înclinat spre interior cu circa 10º (mai mult la extremitățile navei) pentru a preveni coliziunea cu cheul sau navele asistate în timpul manevrelor şi remorcherul în oscilații.
Parapetul trebuie să fie o construcție solidă pentru a susține brâul suplimentar, babalele încastrate în parapet şi sarcina verticală din linia de remorcare care se sprijină pe parapet.

Timoneria
Construcția timoneriei şi amplasarea trebuie să țină cont de următoarele cerințe (fig. 2.16):
– să asigure o bună vizibilitate orizontală 360º, iar sectoarele oarbe individuale şi totale să fie conform Regulilor
– să asigure o bună vizibilitate verticală de circa 45º în sus, iar în jos suficientă pentru observarea vinciurilor prova şi pupa şi a bordajelor
– să fie suficient de retrasă (inclusiv coşurile de fum) astfel încât să prevină coliziunea cu navele asistate, considerând că remorcherul are mişcare de ruliu. În general este de dorit o retragere a oricărei construcții (parapet, suprastructură, timonerie) în interiorul navei corespunzator unei înclinații de 15° față de verticală.

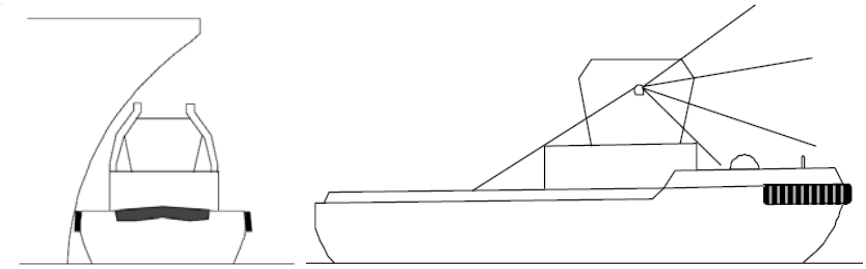


Fig. 2.16 – Exemplificarea cerițelor privind construcția timoneriei

2.5 Instalația de remorcaj

Remorcajul se poate efectua în principal în trei moduri:
- remorcaj peste pupa cu sistemul de remorcare pupa
- remorcaj peste prova (nu la remorcherele ST) cu sistemul de remorcare prova
- remorcaj "la ureche" cu legarea la babale

Instalația de remorcare prevăzută pe o navă care în simbolul de clasă conține notația "TUG" reprezintă ansamblul de echipamente şi dotări care oferă acestei nave posibilitatea efectuării următoarelor operații:

- remorcarea "în linie"; în acest caz echipamentele de remorcare se amplasează în jumătatea din pupa a navei;
- operații de remorcare de escortă care se efectuează cu echipamentele de remorcare care se amplasează în zona prova a navei.

O serie de remorchere "normale" sunt dotate la prova cu echipament de remorcare (fore towing bollard) amplasat perpendicular pe PD, care dau posibilitatea acestei nave de a asista o navă sau o instalație plutitoare în cursul unor remorcaje sau manevre. Un astfel de remorcher nu este clasificat ca "Escort tug", deoarece un astfel de remorcher trebuie să îndeplinească şi nişte condiții specifice.

Componența instalației de remorcaj

Componența efectivă a unei instalații de remorcare este stabilită prin Specificația Tehnică a Navei ca temă de proiectare, care conține cerințele armatorului navei stabilite în funcție de operațiile pe care nava trebuie să le execute. Instalația poate conține (fig. 2.17):

- parâme de remorcă
- vinciuri de remorcă
- cârlige de remorcă
- babale de remorcă (towing bollard sau towing bitt)
- ghidaje / limitatori / pentru parâma de remorcă: gobeye, towing pins
- rulou de ghidare pupa (stern roller), specific navelor Supply/Tug
- curbe de remorcă (tow bars) – ca elemente de protecție pe navă față de parâma de remorcă

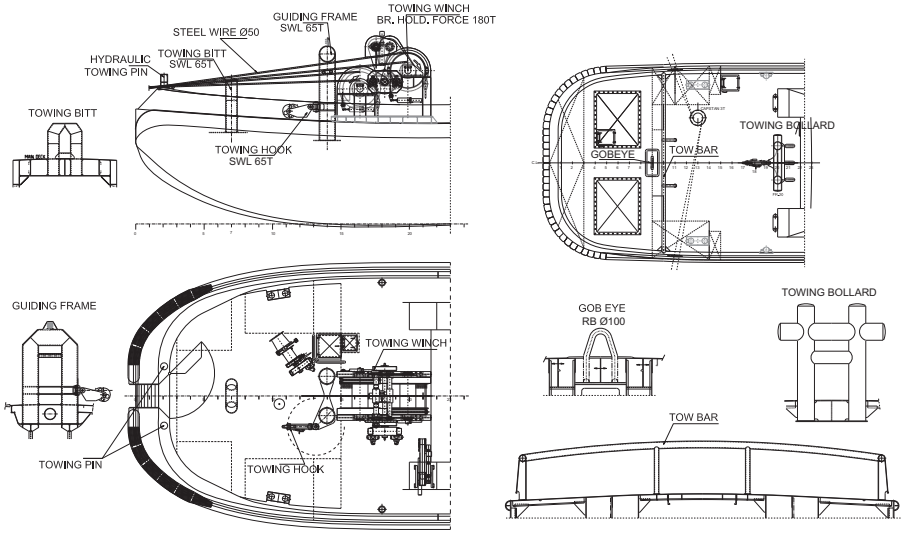


Fig. 2.17 – Elementele instalației de remorcare

Parâme de remorcă

Parâma de remorcă reprezintă un element de legătură elastic şi rezistent între remorcher şi nava remorcată. Parâmele de remorcă se realizează din cabluri din oţel sau parâme sintetice, iar cerinţele privind caracteristicile materialelor din care se execută acestea sunt reglementate prin Regulile Societăţilor de Clasificare şi care pot diferi de la o Societate de Clasificare la alta.

Lungimea parâmelor de remorcă şi numărul acestora rezultă din Specificaţia Tehnică a Navei nefiind reglementată de către Societăţile de Clasificare.

Pentru cazul în care proiectantul trebuie să stabilească aceste elemente se pot utiliza recomandările din documentul "Guidelines for the Approvability of Towing Vessels" editat de catre "Noble Denton International Ltd" din care se redau mai jos următoarele:

TIPUL NAVEI	NR. PARÂME DE REMORCĂ	LUNGIMEA MINIMĂ A PARÂMEI DE REMORCĂ (m/buc)
Ocean / Salvage Tug	3 buc. (1buc. de rezervă)	800
Unrestricted Towages	2 buc. (1buc. de rezervă)	650
Restricted Towages	1 buc.	650

Se mai utilizează ca la stabilirea lungimii remorcii să se ia în considerare caracteristica de dotare a navei remorcate. Astfel lungimea parâmei

$L = 100 + 0{,}035\ Na$, unde caracteristica de dotare $Na = \Delta^{2/3} + 2\ B\ h + 0{,}1\ Av$

La stabilirea forţei minime de rupere a parâmei de remorcă în funcţie de care se poate alege diametrul parâmei de remorcă, fie ea din oţel sau din fibre sintetice, se pleacă de la valoarea "Bollard Pull" (BP) indicată în Specificaţia navei, la care se aplică un coeficient de siguranţă supraunitar, şi a cărui valoare este diferită de la o Societate de Clasificare la alta, cu o singură excepţie şi anume: valoarea forţei minime de rupere a parâmei de remorcă nu va fi niciodată sub 2xBP. Pentru exemplificare se redau mai jos relaţiile utilizate de regulile GL la determinarea forţei minime de rupere a parâmei de remorcă:

$F_{min} = K$ x **BP**, unde:

$K = 2.5$, pentru **BP** ≤ 200 kN

şi

$K = 2$, pentru **BP** ≥ 1000 kN

Vinciuri de remorcă

De regulă, pentru a îmbunătăţi caracteristicile de manevrabilitate şi pentru a reduce modificarea de asietă indusă de forţa de tracţiune, vinciul de remorcă se

amplasează la navă în PD, iar pe lungimea navei la o distanță cuprinsă între 5% şi 10% din lungimea navei spre pupa față de mijlocul navei.
Regulile Societăților de Clasificare prevăd o serie de cerințe privind vinciurile de remorcă, ca de exemplu:

- toba vinciului va fi decuplabilă față de axul de antrenare şi va fi prevazută cu frână cu bandă, acționată pneumatic sau hidraulic şi neaparat manual-local, de pe vinci.
- capacitatea de ținere a frânei tobei (brake holding load) considerată pe primul strat de înfăşurare (primul de pe tobă) este de 0.8 x Fmin
- comanda (controlul) vinciului se va realiza din timonerie şi local
- se va asigura posibilitate eliberării frânei tobei pentru orice condiții de lucru ale vinciului de remorcă, inclusiv în cazul defectării unității de acționare
- se recomandă prevederea unui sistem de măsurare şi indicare a forței în parâma de remorcă, cu citire locală şi în timonerie
- se va asigura înfăşurarea corectă a parâmei pe tobă prin prevederea unui mecanism specific (depanator de cablu)
- se va avea în vedere ca de regulă, ieşirea cablului de pe tobă spre pupa navei să se facă pe la partea inferioară a acesteia, pentru a nu dăuna stabilității navei şi pentru a induce forțe mai mici în structura navei.

Cârlige de remorcă

Pentru amplasarea cârligului de remorcă la navă cerințele Regulilor Societăților de Clasificare sunt similare cu cele pentru vinciul de remorcă.
Pentru alegerea cârligului de remorcă se pleacă de la tracțiunea nominală la cârlig T = **BP.**
Pentru execuția cârligului de remorcă se vor avea în vedere următoare cerințe ale Regulilor Societăților de Clasificare:

- rezistența cârligului se va asigura pentru o forță de calcul la cârlig T_C = C x T, în care "C" este un coeficient de siguranță supraunitar, a cărui valoare este diferită de la o Societate de Clasificare la alta.
- construcția cârligului de remorcă şi fixarea acestuia la navă vor asigura rotirea acestuia în plan vertical şi orizontal
- cârligul de remorcă va fi prevăzut cu un sistem de declanşare rapidă (eliberare a parâmei) capabil să funcționeze în caz de urgență având cârligul sub sarcină. Dispozitivul de declanşare poate fi acționat mecanic, pneumatic sau hidraulic iar comanda acestuia va fi locală şi din timonerie. Sistem de declanşare automată trebuie să funcționeze sub sarcină la cârlig şi la o anumită înclinare transversală periculoasă pentru stabilitatea navei.

Babale de remorcă (towing bollard sau towing bitt)

O baba de remorcă este o construcție sudată, rezistentă, din corpuri tubulare, având forma de portal - "П" încastrată solid în corpul navei, care se amplasează

între vinciul de remorcă şi pupa navei, având ca rol menținerea (ghidarea) parâmei (parâmelor) de la vinciul de remorcă în interiorul portalului.
Remorcherele care pot asista o altă navă în decursul remorcajului sau manevrelor sunt prevăzute cu o baba de remorcare şi la prova, pentru care forța de lucru se consideră 0.9 x BP.

Ghidaje şi limitatori pentru parâma de remorcă
Towing pins: Sunt elemente cilindrice verticale amplasate la pupa navei simetric față de PD, de ghidare/limitare a parâmei de remorcă. Au o construcție rezistentă, încastrată în corpul navei. Pot fi construcție fixă sau telescopică. Au rolul de a împiedica parâma de remorcă să devieze în lateral peste parapetul navei.
Gobeye: Este un element de ghidare robust, încastrat în corpul navei, executat fie din oțel rotund, fie turnat, ca o nară de ghidare - similară cu cele utilizate la legarea navelor. Acest ghidaj se amplasează în PD, rolul său fiind de a ghida prin el parâma de remorcă fixată la cârligul de remorcă.

Rola de pupa (Stern roller)
Este un element de ghidare specific navelor combinate Supply/tug care pot efectua atât operații de remorcare cât şi operații de manevră ancore şi cu lanțuri de ancoră din dotarea platformelor de foraj marin, sau a geamandurilor portuare. Constructiv, ruloul de ghidare pupa constă dintr-un cilindru din table sudate, cu diametrul între 1-4 m, cu axa orizontală, amplasat la pupa navei, având lagărele încastrate în corpul navei. Are rolul de a proteja pupa navei şi de a facilita alunecarea parâmei de remorcă.

Curbe de remorcă
Sunt elemente de protecție a personalului de pe navele remorcher, montate transversal pe navă şi amplasate între cârligul de remorcă şi pupa navei. Parâma de remorcă se sprijină pe aceste curbe de remorcă care sunt mai înalte decât parapetul navei. De asemenea, la extremitățile din borduri ale curbelor de remorcă se prevăd limitatori de parâmă care limitează unghiul în plan orizontal de manevră al parâmei de remorcă. De regulă curbele de remorcă sunt executate din țevi şi sunt consolidate cu contraforți montați longitudinal.

2.6 Stabilitatea remorcherelor

Stabilitatea remorcherelor este o problemă care trebuie verificată cu atenție încă din stadiul inițial de proiectare. Investigarea stabilității nu trebuie făcută numai în condiții statice şi în condiții de remorcaj normal ci şi în condițiile specifice

de exploatare când atât remorcherul cât şi nava asistată sunt în mişcare – uneori în direcţii diferite – în situaţia de remorcare cu prova sau în situaţia de escortă.

Stabilitatea remorcherelor este reglementată de trei categorii de reguli:

- Reguli generale de stabilitate aplicabile în funcţie de zona de navigaţie (nelimitată, costieră, portuară)
- Reguli specifice de stabilitate aplicabile numai remorcherelor
- Reguli locale specifice portului sau ţării unde operează nava.

Pentru normele generale de stabilitate se aplică rezoluţia IMO A749(18) unde sunt reglementate rezerva de stabilitate dinamică, înălţimea metacentrică, braţul maxim al stabilităţii statice, unghiul de maxim al diagramei de stabilitate statică şi criteriul de vânt.

Normele de stabilitate specifice remorcherelor sunt diferite de la clasă la clasă, dar în principiu se referă la următoarele aspecte:

- rezerva de stabilitate dinamică în raport cu amplasarea geometrică a elementelor de propulsie şi remorcaj precum şi funcţie de forţa de tracţiune a remorcherului;
- stablitatea sub acţiunea smuciturii din parâma de remorcare (când aceasta se întinde brusc) sau la ruperea parâmei de remorcare
- stabilitatea remorcherului în acţiuni speciale - tunurile de apă în sens transversal, thrusterele în acţiune laterală, ridicarea ancorelor pe rolă de pupa, etc. ;

O categorie aparte o constituie stabilitatea remorcherelor în regim de escortă sub acţiunea forţelor ce apar în această situaţie (fig. 2.4).

Înălţimea metacentrică tipică necesară pentru asigurarea cerinţelor de stabilitate este de 1.5 m pentru remorcherele obişnuite şi de circa 3 m pentru remorcherele de escortă. Evident aceste valori sunt cu titlu informativ pentru faza preliminară, verificarea detaliată a cerinţelor de stabilitate este imperios necesară.

Exemplificarea unor cerinţe specifice de stabilitate pentru remorchere.

Bureau Veritas

În toate cazurile de încărcare, exceptând nava goală, remorcherul trebuie să aibă suficientă stabilitate pentru a suporta tracţiunea în parâma de remorcă ce acţionează în sens transversal. Nava trebuie să indeplinească condiţia (fig. 2.18) : **$A \geq 0{,}011$ m.rad**

unde:

A: Aria dintre curba braţului de redresare GZ şi a braţului de înclinare b_H de la θ_C la θ_D [m.rad]

θ_C Unghiul de echilibru static

θ_D Unghiul limită, cel mai mic dintre 40°,

unghiul de inundare deschideri, unghiul la care GZ = max.

Brațul de înclinare $b_H = \frac{THc}{9.81\ \Delta}\cos\theta$

T = tracțiunea maximă [kN]
Δ = deplasamentul în cazul considerat [t]
H = distanța verticală de la cârlig la jumătatea pescajului [m]
c=1 pentru propulsie azimutală
c=0.65 pentru propulsie non- azimutală

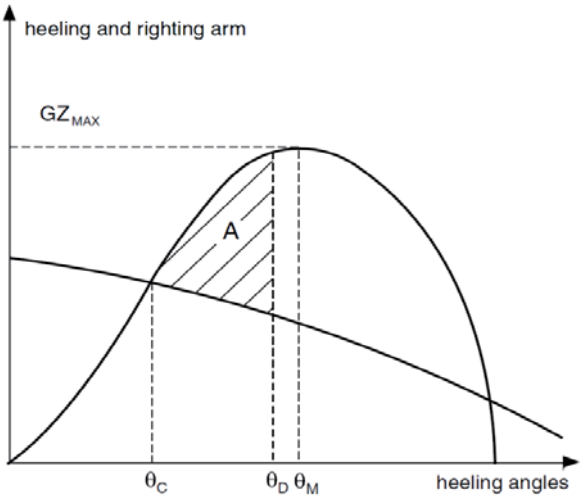


Fig. 2.18 – Criteriul de stabilitate dinamică pentru remorchere

În cazul în care, în faza preliminară, nu se cunoaşte tracțiunea la cârlig a navei, aceasta poate fi estimată ca:

T = 0,179 P pentru elici fără duză
T = 0,228 P pentru elici în duză

unde: P = puterea în kW a motoarelor de propulsie

În cazul în care remorcherul este dotat cu tunuri de apă (şi are notația de clasă adițională Fi-Fi ship), trebuie să îndeplinească un criteriu adițional, respectiv sub efectul reacțiunii din tunurile de apă în direcție transversal-orizontală şi al efectului thrusterelor de manevră, unghiul de înclinare statică θ_C trebuie să fie mai mic de 5°. Brațul momentului de înclinare:

$$b_h = \frac{\Sigma \cdot Ri \cdot hi + S \cdot \left(\frac{T}{2} - e\right)}{9.81 \cdot \Delta} cos\theta$$

unde:

R_i Forța de reacțiune a jetului de la fiecare monitor [kN],
h_i Distanța verticală de la monitor la jumătatea pescajului [m]
S Tracțiunea thrusterelor de manevră (daca există) [kN]

e Distanța verticală de la LB la axa thrusterului [m]
Δ Deplasametul în situația considerată [t]

Registrul Naval Român
Conform RNR (şi asemănător Registrul Rus), remorcherele trebuie verificate la îndeplinirea cerințelor de stabilitate specifice. Remorcherele trebuie să aibă o rezervă de stabilitate dinamică suficientă ca să reziste la o forță de tracțiune convențională aplicată în direcție transversală, respectiv unghiul de înclinare dinamic θ nu va depăşi limitele:
Remorchere de port şi radă:

Unghiul dimanic θ nu va depăşi unghiul de răsturnare sau unghiul de inundare care este mai mic, respectiv se va îndeplini criteriul:

$$K1 = \sqrt{\frac{ldr}{lsm}} \geq 1.00$$

unde:
l_{dr} – brațul de stabilitate dinamic [m] la cel mai mic dintre unghiurile de inundare sau răsturnare
l_{sm} – brațul dinamic de înclinare produs de forța convențională în parâma de remorcă [m]
Pentru brațul l_{sm} se indică relații de calcul în funcție de dimensiunile navei, poziția cârligului de remorcă, puterea de propulsie şi viteza de remorcaj.

Remorchere pentru mare deschisă:

Unghiul de înclinare din efectul tracțiunii în parâmă combinat cu ruliul navei nu va depăşi unghiul de maxim al diagramei de stabilitate sau unghiul de inundare care este mai mic, respectiv se va îndeplini criteriul:

$$K_2 = \sqrt{\frac{l_{dmax}}{l_{sm}}} - \Delta K_2 \geq 1.00$$

unde:
l_{dmax} – brațul de stabilitate dinamic [m] la cel mai mic dintre unghiurile de inundare sau unghiul de maxim al diagramei de stabilitate
l_{sm} – brațul dinamic de înclinare produs de forța convențională în parâma de remorcă [m]
ΔK_2 – efectul ruliului asupra unghiului total de înclinare calculat în funcție de amplitudinea de
ruliu, cota centrului de greutate, înălțimea metacentrică şi dimensiunile navei

Norvegian Maritime Directorate
În urma accidentului soldat cu răsturnarea navei Bourbon Dolphin în timpul unei manevre de anchor handling, autoritățile norvegiene au impus cerințe suplimentare de stabilitate pentru navele de tip AHT (Anchor Handling Tug). Acestea se referă la calculul forței maxime T în parâma de remorcare astfel

încât în cele mai defavorabile condiții înclinarea navei să fie mai mică decât oricare din unghiurile:

- Unghiul la care GZ = 0.5 GZmax
- Unghiul de imersare a punții în zona pupa
- 15 grade

Forța admisibilă T

$$T = \frac{M_i}{\cos(\theta)\cdot\sin(\beta)\cdot b_V + \sin(\theta)\cdot\sin(\beta)\cdot b_V + \sin(\theta)\cdot\cos(\beta)\cdot b_H}$$

unde: Mi momentul de înclinare care produce cel mai mic din unghiurile:
θ unghiul orizontal între parâma de remorcă şi PD
β unghiul vertical între parâma de remorcă şi planul de plutire
b_H brațul componentelor orizontale
b_V brațul componentelor verticale

2.7 Remorchere carusel

O categorie specială de remorchere - inovație olandeză - o reprezintă remorcherul carusel. Ideea de bază constă în înlocuirea cârligului de remorcă fix şi amplasat pe punte cu un inel în jurul suprastructurii, astfel încât cârligul de remorcă se poate deplasa pe acest inel (fig. 2.19).

Fig. 2.19 – Remorcher carusel în manevra de oprire a navei asistate

Astfel la tracțiunea în sens longitudinal, cârligul se aşează în PD ca la orice sistem obişnuit, dar la tracțiunea transversală cârligul se deplasează în bord. Combinat cu înclinarea navei, poziționarea în bord a punctului de remorcare reduce semnificativ momentul de înclinare dat de parâmă prin diminuarea

brațului cuplului de forțe (fig. 2.20). Se ajunge ca la un anumit unghi de înclinare a navei brațul cuplului de înclinare să devină aproape 0 (punctul de aplicație al forței hidrodinamice şi tracțiunea din parâmă se aşează pe aceeaşi direcție) făcând nava practic imposibil de răsturnat. Evident nava este proiectată cu un grad mare de etanşeitate astfel încât la înclinari de pâna la 40-50 grade să nu se producă inundarea navei.

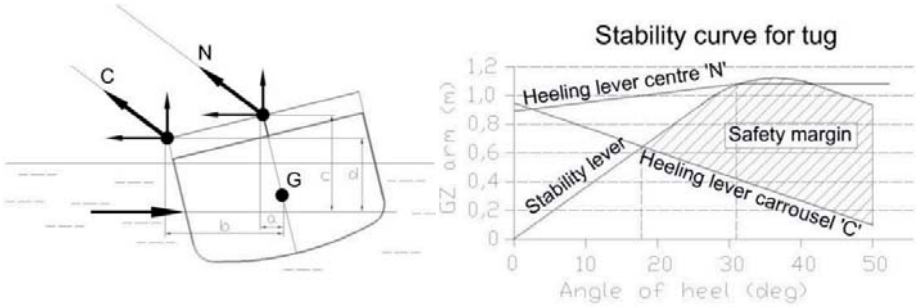


Fig. 2.20 – Diferențierea momentului de înclinare între remorcherul normal (N) şi tipul carusel (C)

Ideea că deşi nava se înclină semnificativ ea nu se răstoarnă a permis dezvoltarea unui nou concept de manevră de frânare a navelor asistate. În fig. 2.21 se prezintă câteva poziții specifice ale remorcherului în raport cu nava asistată la manevra de frânare.

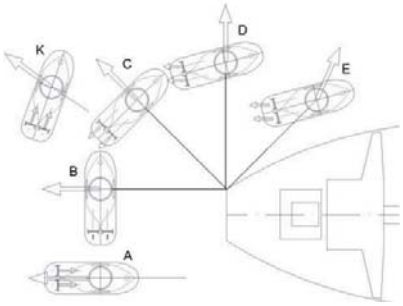


Fig. 2.21 – Poziții tipice ale remorcherului în manevra de frânare

A) Remorcherul este în linie cu nava şi frânarea se face exclusiv prin forța motoarelor (cazul remorcherelor normale)
B) Remorcherul este transversal pe direcția navei asistate, frânarea realizându-se pe baza rezistenței hidrodinamice a remorcherului în deplasare laterală (tras de nava asistată). În acest mod, forța de frânare poate fi de până la 9 ori mai mare decât cea asigurată de motoare, cu atât mai mare cu cât viteza navei asistate este mai mare
C) Similar D, E, K – remorcherul în poziție intermediară; frânarea şi manevra se realizează parțial cu motoarele şi parțial cu ajutorul forței de rezistență hidrodinamică.

3. ÎMPINGĂTOARE

3.1 Descriere

Împingătoarele sunt nave destinate deplasării prin împingere a convoaielor sau unităților de transport marfă nepropulsate (barje) sau manevrării prin împingere a altor nave sau unități plutitoare. Ele sunt destinate operării în principal pe căi navigabile interioare sau în zone maritime protejate. O categorie mai puțin răspândită o constituie împingătoarele destinate pentru operații maritime în ape costiere. Caracteristica principală prin care se identifică un împingător este puterea instalată. Ex. Împingător 2x1200 CP. Puterile instalate pot varia de la 400 CP la 10000 CP.

Împingătorul este un tip de navă recent apărut (a doua jumătate a sec. XX) şi a cunoscut o largă răspândire datorită capabilității de a transporta convoaie mari în condițiile specifice ale apelor interioare – lățime limitată, traseu sinuos, curent. În aceste condiții, convoiul împins este mai avantajos față de convoiul remorcat. La deplasarea prin remorcare, unitățile nepropulsate (şlepurile) sunt înşirate una câte una în lungul convoiului şi legate între ele şi de remorcher prin parâma de remorcă. Aceasta conduce la un convoi foarte lung şi dificil de manevrat în condițiile apelor interioare. Din condiții de manevrabilitate fiecare şlep trebuie dotat cu instalație proprie de guvernare şi cu echipaj propriu. În plus, oprirea convoiului, în special la marş în aval este problematică.

În cazul convoaielor împinse, împingătorul este amplasat la pupa convoiului iar barjele şi împingătorul sunt legate fix între ele formând un corp comun. În acest fel, întreg convoiul se comportă ca o singură navă. Unitățile nepropulsate sunt fară echipaj şi fără instalații speciale exceptând sistemele de ancorare şi manevră-legare.

Pe lângă sistemul de propulsie, caracteristic unui împingator sunt:

- capacitatea sporită a sistemului de guvernare
- aranjamentul prova specific sistemului de împingere
- sistemele de legare convoi
- formele pupa particulare
- sistemul de ancorare
- timoneria telescopică

Un aspect important de care trebuie ținut cont în procesul de proiectare este dat de condițiile specifice apelor interioare şi anume:

- adâncimea mică a apei – impune nave cu pescaj mic, adaptate navigației în ape puțin adânci şi rezistente la eşuare
- înalțimea limitată deasupra apei determinată de poduri – impune limitarea pe înălțime a navei, dotarea cu sisteme demontabile sau retractabile precum şi posibilitatea de balastare, toate acestea de natură să reducă gabaritul aerian.
- lățimea limitată determinată în principal de ecluze – impune dimensionarea navei şi a convoiului în funcție de lățimile disponibile (ex. pe Dunărea de Jos 23 m, pe Dunărea de sus 12-14 m, pe unele canale din Europa 12 m, respectiv 8 m)
- lungimea limitată a convoiului impusă de ecluze şi de raza coturilor

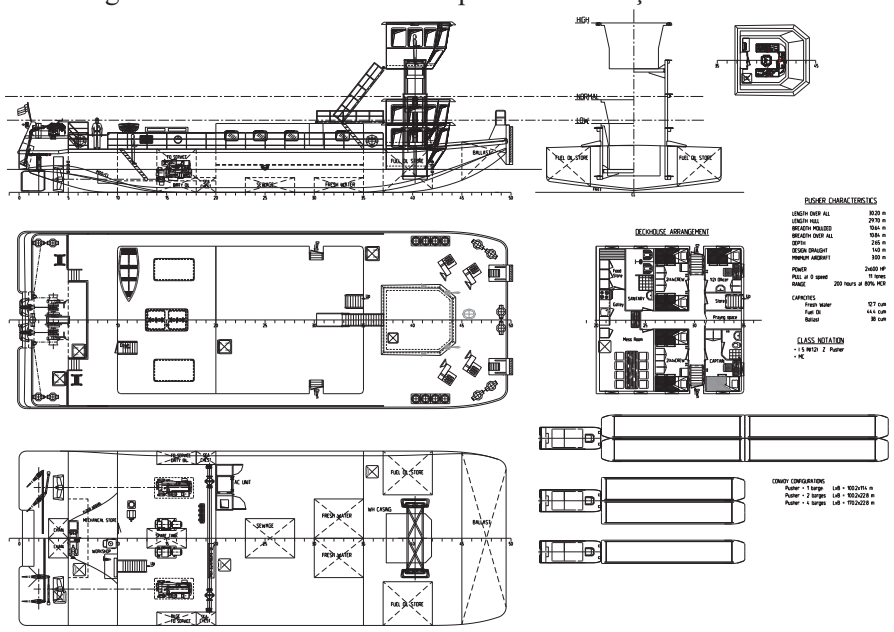


Fig. 3.1 – Plan general împingător 2x600 CP cu restricții severe de gabarit aerian

În figura de mai sus se vor remarca dotări, elemente constructive şi de amenajare specifice:

- sistemul de propulsie cu două motoare, transmisie cu linie de axe, elici în duză
- formele pupa cu semi-tunele pentru mărirea diametrului elicelor, forma prova tip sanie specifică navigației în ape de mică adâncime, forma V a fundului pentru prevenirea ventuzei în cazul eşuării
- elementele specifice sistemului de împingere – tampoane, babale de cuplare convoi, vinciuri de legare

- timoneria telescopică pentru trei nivele de gabarit aerian – înalt în cazul transportului de convoi cu containere, normal pentru majoritatea podurilor, jos pentru podurile de excepție
- elementele detaşabile / rabatabile în cazul podurilor foarte joase: scara de acces timonerie, balustrăzi tampoane, bastonul pupa.
- amplasarea la pupa a sistemului de ancorare
- sistemul de guvernare cu 4 cârme
- configurația convoiului cu una, două sau 4 barje

3.2 Tipuri de împingătoare

Clasificare dupa destinație
- împingător de linie
- împingător de manevră

Împingătoarele de linie sunt destinate deplasării convoaielor pe distanțe lungi. Caracteristicile principale ale acestor remorchere sunt puterea suficientă pentru asigurarea vitezei necesare de deplasare în raport cu dimensiunea convoiului, capacitatea de a naviga în condiții de curent advers, autonomia suficientă.
Împingătoarele de manevră sunt destinate manevrării barjelor în vederea formării şi dezmembrării convoaielor, asistenței împingătoarelor de linie la manevrele de oprire şi întoarcere a convoiului, precum şi deplasării pe distanțe scurte a convoaielor de mici dimensiuni.

Fig. 3.2 – Împingător de linie 2 x 1600 CP (NAVROM)

Diferențierea împingătoarelor după destinație este dată de următoarele caracteristici:
- dimensiunile navei
- puterea instalată
- condițiile de proiectare ale propulsiei

- autonomia
- sistemul de cuplare convoi
- capacitatea de guvernare

La împingătoarele de linie aceste caracteristici sunt mai dezvoltate.

Clasificare după zona de operare

- ape interioare şi bazine portuare
- maritim costiere

Diferențierea împingătoarelor după zona de operare este dată de formele navei şi de configurația sistemului de cuplare. Particularitățile împingătoarelor maritime costiere vor fi analizate separat în ultimul paragraf al acesui capitol.

Clasificare dupa sistemul de propulsie

- linie de axe
- propulsoare azimutale

3.3 Propulsia împingătoarelor

Puterea de propulsie este corelată cu dimensiunea şi deplasamentul convoiului maxim pentru care este proiectat împingătorul. Puterea instalată trebuie să asigure viteza minimă de deplasare a convoiului împotriva curentului. Această viteză minimă depinde de reglementările naționale (5 km/h pe unele sectoare de pe Dunăre). Viteza curentului este determinată de condițiile locale ale căii navigabile. Pentru Dunăre se va considera viteza curentului ca fiind de 6 km/h. Pe de altă parte, viteza minimă a convoiului in apă stătătoare trebuie sa fie minum 13 km.h. Viteza de deplasare a împingătorului fără convoi nu are semnificație practică şi nu este impusă de tema de proiectare. Tot în cadrul reglementărilor locale intră şi puterea minimă a împingătorului în raport cu deplasamentul convoiului. Ca exemplu, pe Canalul Dunăre - Marea Neagră deplasamentul convoiului nu va depăşi 6.5 t/CP, iar pe sectoarele inferioare si superioare ale Dunării valoarea admisă este de 8 t/CP, respectiv 4.5 t/CP.
O altă cerință ce trebuie respectată la determinarea puterii de propulsie în relație cu deplasamentul convoiului este dată de capacitatea de oprire de urgență. Reglementările naționale şi europene cer ca un convoi în marş la viteza maximă în aval să poată fi oprit într-o anumită distanță prin punerea motoarelor la toată puterea înapoi, fapt care conduce la o putere minimă instalată.

Sisteme de propulsie

Se utilizează două sisteme de propulsie

- linie de axe
- propulsoare azimutale

Propulsoarele azimutale pot orienta forța de propulsie în orice direcție (omnidirecționale) şi nu necesită alte echipamente de guvernare.
Alegerea tipului de propulsor – linie de axe sau azimutal - este determinată de compromisul între următoarele caracteristici:

- eficiența propulsiei şi posibilitatea de a instala elici cu diametru mai mare şi implicit puteri mai mari – mai bună la împingătoarele cu linie de axe
- eficiența guvernării – mai bună la împingătoarele azimutale
- simplitatea construcției – mai bună la împingătoarele azimutale
- prețul de cost al navei, costurile de exploatare şi fiabilitatea – mai bune la împingătoarele cu linie de axe

De regulă, sistemul azimutal este utilizat la împingătoarele de manevră sau la împingătoarele cu restricții speciale de proiectare care au puteri mai mici şi cerințe ridicate de manevrabilitate.

Proiectarea sistemului de propulsie la un împingător se face cu metodele obişnuite de proiectare a elicei cu câteva particularități.

- Punctul de proiectare: la împingătoarele de linie punctul de proiectare al elicei se alege la viteza minimă impusă a convoiului (10-12 km/h) asigurând astfel utilizarea întregii puteri a motoarelor în timpul marşului. La împingătoarele de manevră, punctul de proiectare se alege la viteze de manevră (circa 5 km/h) sau chiar la punct fix asigurând absorbția puterii motoarelor, dar fără a le suprasolicita, în situații de manevră la viteza mică. La viteze mai mari sau cu convoi uşor sau în marş liber, elicea nu va utiliza întreaga putere a motoarelor, fără ca aceasta să constituie un impediment.
- Elicea: se utilizează exclusiv elice cu pas fix. Se poate utiliza elice în duză sau elice liberă. Decizia este condiționată de considerente de cost şi de eficiența hidrodinamică, ştiut fiind că, odată cu creşterea vitezei, eficiența duzei scade. Ca atare este necesară o analiză a aportului de împingere al duzei în condițiile de viteză impusă a convoiului.
- Secvența de proiectare: Determinarea puterii se face având ca date inițiale:
  - rezistența la înaintare a convoiului maximal impus de armator
  - viteza de deplasare in amonte a convoiului (viteza in apă calmă + viteza curentului)
  - diametrul elicei din considerente geometrice de amplasare a elicei.
  - coeficienții de influență corp propulsor care se calculează în funcție de formele navei şi dimensiunile convoiului sau se pot considera preliminar în domeniul w = 0.30..0.40 şi t=0.15..0.25. După determinarea puterii se verifică capacitatea de stopare a convoiului.

Aranjamentul propulsiei

Cerințele generale privind aranjamentul propulsiei sunt:

- poziționarea şi dimensionarea propulsorului în corelație cu formele pupa, pescajul minim şi maxim astfel încât:
  - diametrul elicei să fie cât mai mare fără a depăşi cel mai de jos punct al navei şi elicea să fie imersată la pescajul minim
  - numărul de pale al elicei va fi corelat cu unghiul de deschidere al cavaleților pentru a evita vibrațiile (ex. cu 4 pale la unghi de deschidere de 90°)
  - formele în zona propulsorului să asigure o curgere bună a apei şi să evite absorbția de aer la marş înainte şi să minimizeze această absorbție la marş înapoi.
  - poziționarea duzei relativ la corp să faciliteze curgerea apei, să minimizeze pierderea de eficiență a duzei (prin zone obturate prin contactul cu corpul) şi să evite crearea de contra-curgere pe exteriorul duzei
  - elicele să fie cât mai departate de PD, fără a exista riscul lovirii laterale de cheu şi având in vedere spațiul necesar amplasării motoarelor în interiorul navei
- poziționarea motoarelor în interiorul navei; se va ține cont de:
  - formele navei şi spațiul disponibil în CM
  - elementele structurale ale navei (osatura, postamenți)
  - spațiul de mentenanță necesar sub motoare, în lateral şi deasupra lor
  - spațiul necesar altor echipamente conectate la motoare (reductor, generator pe ax, pompa de incendiu, evacuare gaze, etc.)
- cerințele de amenajare a navei:
  - împingătoarele au în general compartimentul maşini la centru, deci cel mai mare spațiu este acordat motoarelor. Trebuie ținut cont însă şi de necesitatea altor spații în zonă (tancuri, spații tehnice, etc.)
  - asieta: motoarele au un aport semnificativ în deplasamentul navei şi poziționarea lor incorectă poate afecta negativ asieta navei.

Împingătoare cu linie de axe (fig. 3.3)

La aceste nave aranjamentul elementelor sistemului de propulsie se face "în linie". Specific acestor nave:

- din combinația de cerințe - putere mare, diametru mare la elice, pescaj mic – rezultă forma specifică a împingătoarelor în zona pupa, respectiv semi-tunele al căror vârf este deasupra liniei de plutire. În acest fel se poate amplasa elice cu diametrul cu 10-15% mai mare decât pescajul
- alinierea motor - propulsor: în unele situații pentru a maximiza distanța între propulsoare (favorabil pentru manevrabilitate) se practică linii de axe înclinate în plan orizontal. Înclinarea liniei de axe nu va depăşi 3-5 grade.

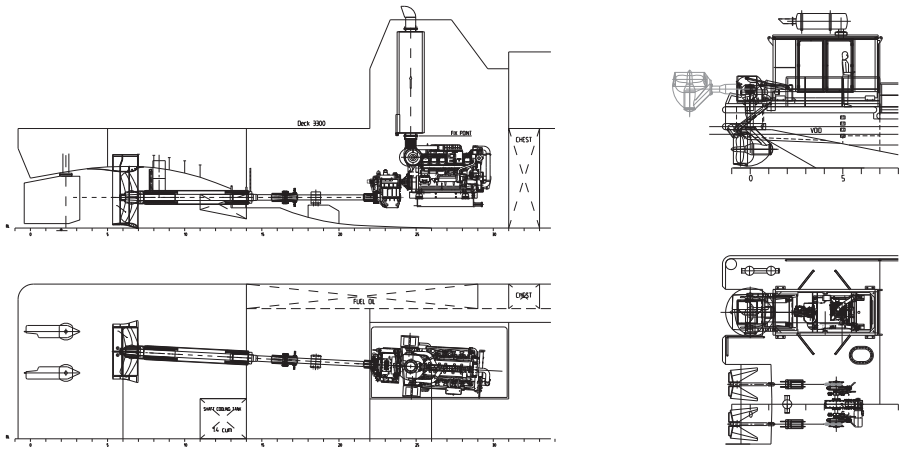


Fig. 3.3 – Aranjamentul propulsiei – linie de axe (st) şi azimutal (dr)

Împingătoare azimutale (fig. 3.3)

O variantă mai simplă de amenajare a propulsiei o reprezintă propulsoarele azimutale. Avantajul flexibilității amenajării şi al manevrabilității foarte bune este diminuat de:

- diametre mici la elice impuse de pescajul limitat şi de imposibilitatea amplasării elicelor în tunele
- randament şi fiabilitate mai scăzute
- costuri mai mari

În cazul în care se optează pentru această soluție, propulsoarele trebuie amplasate cât mai depărtate unul de altul. Distanța minimă între pozițiile extreme ale propulsoarelor (a se ține cont ca acestea sunt rotative 360º) se va stabili astfel încât să permită amplasarea sistemului de ancorare. Pe de altă parte, amplasarea propulsoarelor trebuie să asigure o distanță de siguranță minimă între propulsoare şi bordajul navei (recomandat 500 mm) pentru a evita lovirea propulsoarelor de cheu sau de barje.

Transmisia puterii de la motoare la propulsoarele azimutale se poate realiza în mai multe moduri:

- mecanică
- electrică
- hidraulică

În cazul transmisiilor electrice sau hidraulice, amplasarea propulsoarelor este independentă de amplasarea motoarelor oferind flexibilitate aranjamentului propulsiei. Totuşi, această soluție este aplicată numai în cazuri speciale datorită costului mai ridicat şi a pierderilor mai mari pe lanțul de transmisie comparativ cu transmisia mecanică.

Rezistența la înaintare a convoaielor

Calculul rezistenței la înaintare a unui convoi este dificil şi incert datorită în principal efectelor induse de configurația convoiului, fundul limitat, curent, canalul navigabil îngust, etc.

Cea mai bună soluție o reprezintă efectuarea de probe de bazin. În faza preliminară de proiectare se pot utiliza diagrame şi metode aproximative de calcul care să ofere o idee asupra ordinului de mărime al rezistenței la înaintare.

În fig. 3.4 se prezintă o diagramă de rezistență la înaintare a diferitelor configurații de convoaie formate din împingător + barje Europa IIb. Dimensiunile barjei Europa IIb sunt:

L x B x T = 76.5 x 11.2 x 2.5 m.

Convoiul se consideră în apa adâncă de 7.5 m.

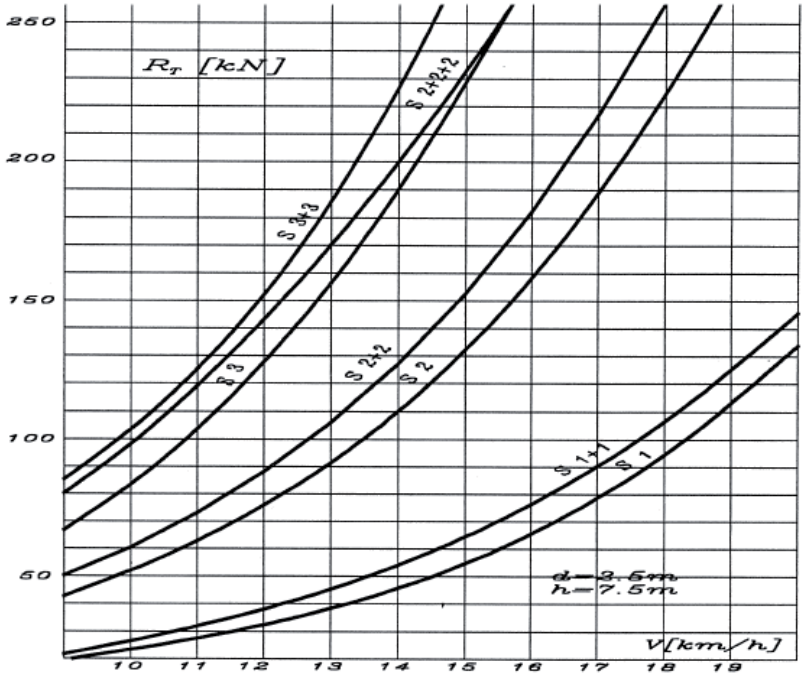


Fig. 3.4 – RT(v) pentru convoi împingător + barje E-IIb

Pentru corecția de fund limitat se poate utiliza diagrama din fig. 3.5 unde:

v = viteza navei [m/s],

h = adâncimea apei [m],

T = pescajul navei [m].

Se extrage coeficientul de majorare K_M în funcție de raportul h/T şi de numărul Froude al adâncimii apei.

Se corectează rezistența totală: $R^c_T = R_T K_M$

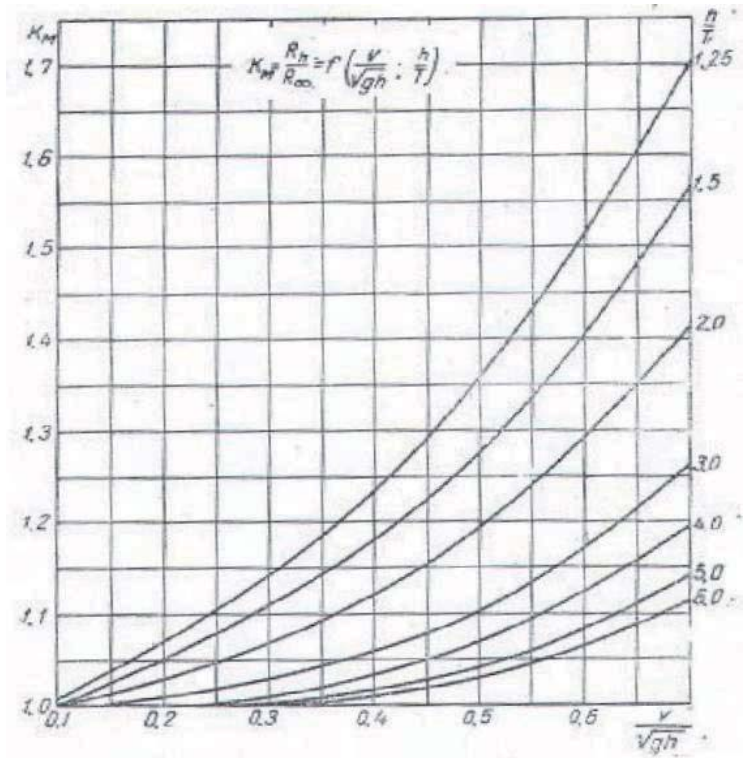


Fig. 3.5 – Corecția de fund limitat

Calculul capacității de oprire

Distanța totală de oprire a convoiului este: $S_T = S_I + S_{II}$

unde:

S_I = Distanța parcursă în faza I (de la comanda de oprire până la inversarea motoarelor)

S_{II} = Distanța parcursă în faza II (de la inversarea motoarelor pâna la oprire în raport cu apa)

$S_I = k_1 \cdot v_L \cdot t_1$

$S_{II} = k_2 \cdot v_{II}^2 \cdot [(D \cdot g) / (k_3 \cdot F_{POR} + R_{TmII} - R_G) \cdot (k_4 + V_{STR} / V_{II})]$

unde:

$R_{TmII} = (R_T / v^2) \cdot (k7 \cdot k6 \cdot (v_L - v_{STR}))^2$

$R_G = i \cdot D \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6}$

$V_{II} = k_6 \cdot (V_L - V_{STR})$

$F_{POR} = f \cdot P_B$

Timpul fazei a II-a:

$t_{II} = S_{II} / [v_{II} \cdot (k_4 + v_{STR} / v_{II})]$

În formulele de mai sus:

R_T/v^2 conform diagramei 3.6 în funcție de $D^{1/3}$ $[B + 2T]$

k_1, k_2, k_3, k_4, k_6, k_7 conform tabelului 3.3.1

v_L viteza relativ la uscat la începutul inversării motoarelor (m/s)

t_I timpul de inversare a motoarelor de la maxim înainte la maxim înapoi (s) se va considera în orice caz $t_I \leq 20\ s$

v_{II} viteza în raport cu apa la sfârşitul manevrei de inversare (m/s)

D deplasamentul convoiului (m^3)

F_{POR} forța de tracțiune la elici la marş înapoi (kN)

P_B puterea motoarelor de propulsie (kW)

R_{TmII} rezistența la înaintare medie în timpul fazei II (kN) determinată cu ajutorul diagramei R_T/v^2

R_G gradientul rezistenței la înaintare (kN)

i coeficientul de gradient în m/km (dacă nu se cunoaşte se ia 0.16 m/km)

v_{STR} viteza medie a curentului (m/s)

g 9,81 (m/s^2)

ρ densitatea apei (kg/m^3)

T pescajul maxim al convoiului (m)

h adâncimea apei (m)

B lățimea convoiului (m)

L lungimea convoiului (m)

f coeficient – raportul dintre împingerea elicei la marş înapoi şi puterea motoarelor (kN/kW):

- Duza modernă cu muchia de fugă rotunjită 0.118
- Duza clasică cu muchia de fugă ascuțită 0.112
- Elice fără duză 0.096
- Propulsor azimutal cu duză 0,157
- Propulsor azimutal fără duză 0,113

Tabel 3.3.1

Coef.	Convoi în dana simplă	Convoi în dana dublă	Convoi în dana triplă
k_1	0.95	0.95	0.95
k_2	0.115	0.120	0.125
k_3	1.20	1.15	1.10
k_4	0,48	0,48	0,48
k_6	0.90	0.85	0.80
k_7	0.58	0.55	0.52

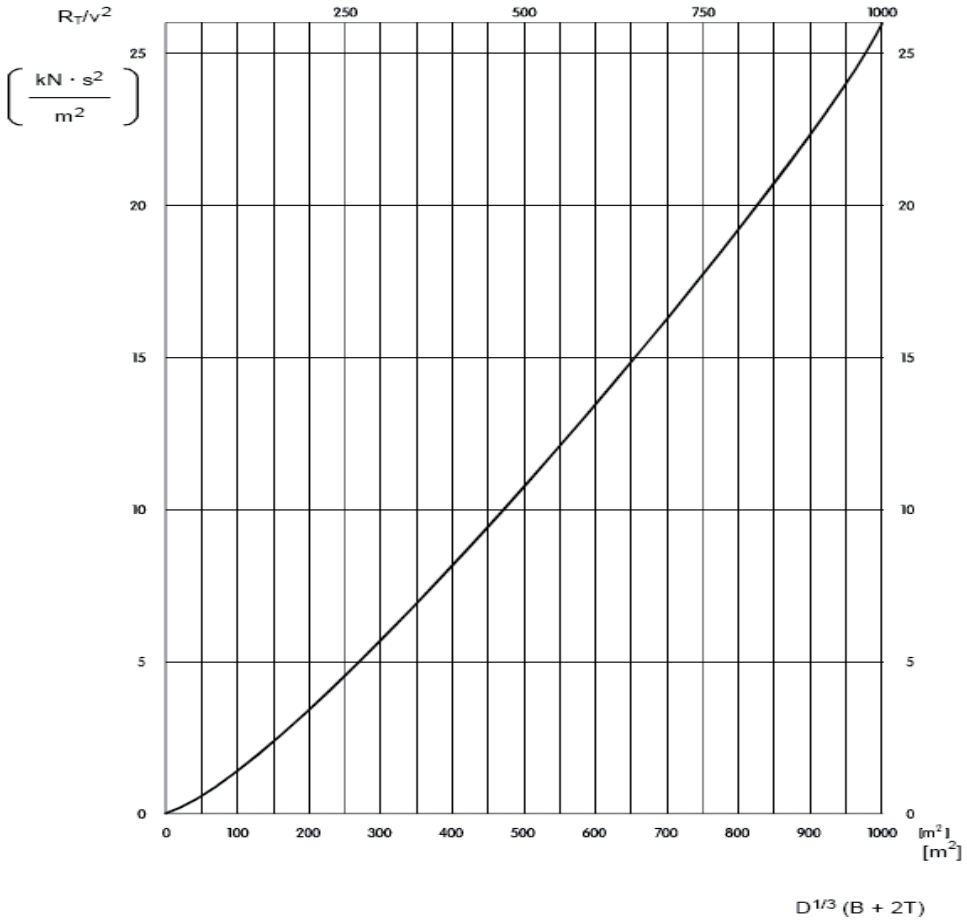


Fig. 3.6 – Diagrama de calcul a rezistenței convoiului la marş înapoi

3.4 Formele împingătoarelor

Principii generale de dimensionare

Dimensionarea împingătoarelor se face ținând cont de puterea instalată, pescajul admisibil, mărimea spațiilor pentru echipaj, gabaritul aerian admisibil şi de specificul de navă de navigație interioară.

Valori adimensionale tipice:

L/B = 2.2 – 3.2

B/T = 3.7 – 5.5

CB = 0.52 - 0.75

Lungimea variază între 16 şi 40 m în funcție de spațiul necesar pentru propulsie şi pentru amenajări.
Lățimea variază între 7 şi 11 m fiind impusă de lățimea barjei tipice pentru care a fost proiectat împingătorul. Este de dorit ca lățimea împingătorului să fie uşor mai mică decât lățimea barjei.
Pescajul este impus de limitările de navigație. Pentru împingătoarele destinate a naviga în zone cu adâncime mică, pescajul este de 1.0 – 1.6 m. În cazul în care restricțiile de adâncime nu sunt severe, pescajul este cuprins între 1.6 si 2.4 m
Înălțimea de construcție se determină din condiția de spațiu necesar pentru componentele majore (motoare cu instalațiile anexe şi propulsoare) şi de asigurare a bordului liber minim impus de reguli.

Particularități privind formele

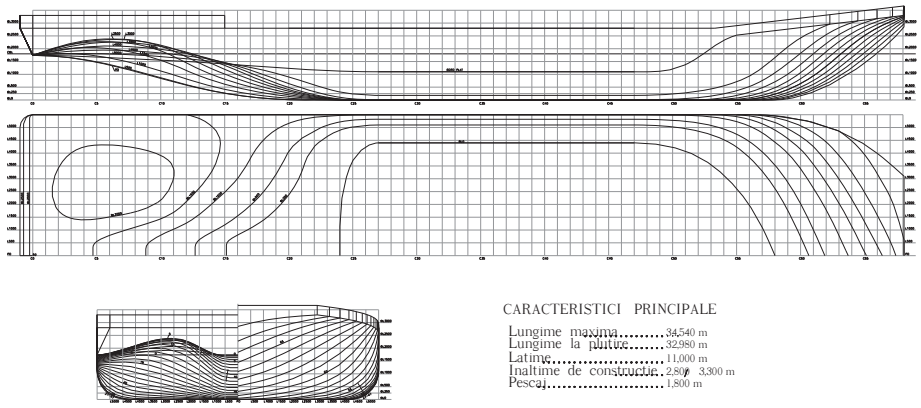


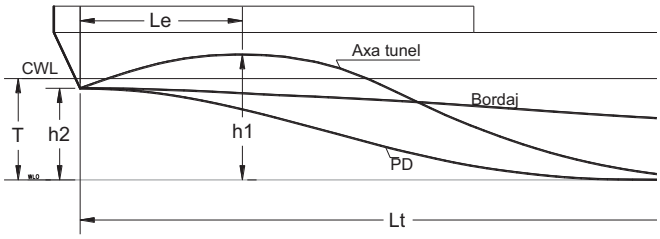
Fig. 3.7– Plan de forme tipic pentru împingător

Forma împingătoarelor este impusă de particularitățile funcționale ale acestui tip de navă şi anume puterea mare instalată, pescajul limitat, viteza redusă şi navigația în spatele convoiului. Se vor avea în vedere:

- optimizarea zonei de amplasare a propulsoarelor din punct de vedere al spațiului necesar, maximizării diametrului elicei şi asigurării unei curgeri corecte în zona propulsoarelor
- utilizarea propulsiei la marş înapoi cu toată puterea
- navigația în ape de adâncime mică şi riscul de eşuare
- simplitatea tehnologică de construcție

Zona propulsoarelor
Deoarece rezistența la înaintare a împingătorului este mică în raport cu a convoiului, nu se acordă atenție deosebită calităților hidrodinamice ale împingătorului ci mai mult optimizării zonei de amplasare a propulsoarelor.

Formele în zona propulsoarelor sunt impuse de cerința de a instala o putere cât mai mare la nave cu pescaj mic şi care navigă în condiții de fund limitat. Din combinația de cerințe - putere mare, diametru mare la elice, pescaj mic – rezultă forma specifică a împingătoarelor în zona pupa, respectiv semi-tunele a căror vârf este deasupra liniei de plutire. În acest fel se poate amplasa elice cu diametrul cu 10-25% mai mare decât pescajul. Semitunelele se extind pe toată treimea pupa iar axa tunelelor este evazată spre exterior (fig. 3.7) pentru a permite absorbția apei spre elice atât de sub fundul navei cât şi din lateral în cazul navigației în ape de mică adâncime. Amplasarea propulsorului se face în dreptul punctului de maxim al tunelului, eventual puțin spre prova.
O altă caracteristică o reprezintă terminația tunelelor pe oglinda pupa. Curbura coastelor scade progresiv spre oglindă astfel încât fundul navei în zona oglinzii este orizontal. Aceasta pentru a nu forța jetul de la elice să urmeze traseul tunelului în cazul bandării cârmelor diminuând astfel manevrabilitatea. Pe de alta parte, oglinda trebuie să fie imersată în orice situație de încărcare. În caz contrar se produce intrarea aerului în tunele pe sub oglindă diminuând forța de propulsie, iar pe de altă parte la marş înapoi absorbția de aer este foarte puternică, reducând eficiența elicelor şi generând vibrații excesive.



Valori tipice :

Lt/L = 0.33 – 0.45
Le/L = 0.1 – 0.12
h1/T = 1.1 – 1.25
h2/T = 0.90 – 0.95

Fig. 3.8 – Tunelul pupa la împingător – rapoarte tipice

Prova

Prova împingătoarelor are forme specifice caraterizate prin:

- datorită raportului B/T mare, formele prova sunt proiectate pentru curgerea pe longitudinale şi nu pe linii de apă rezultând forma de tip “lingură” sau ”sanie” care să favorizeze aducțiunea valului de prova sub navă
- puntea evazată pentru a asigura spațiul necesar elementelor de cuplare convoi; în unele cazuri pentru mărirea suprafeței punții se prevede crinolina
- curbura transversală a punții este redusă, iar pentru scurgerea apei se prevede o selatură prova moderată
- extremitatea prova la nivelul punții este rotunjită cu raza mare pentru a nu crea puncte de concentrare la împingere

Gurna
Gurna poate fi rotunjită sau unghiulară în două frânturi. Elementul distinctiv la împingătoare îl constituie forma gurnei înspre pupa. Aceasta se stabileşte din condiția de obstrucționare a absorbției de aer la propulsoare şi în acelaşi timp să permită aducțiunea de apă din lateral. Rezultă o gurnă care se ridică progresiv spre oglindă, înălțimea sa în zona propulsorului ajungând la circa 80% din pescaj. În secțiune transversală raza gurnei se reduce progresiv de la mijlocul navei spre pupa, la oglinda pupa rezultând în fapt o frântură.

Derivoarele
Amplasarea de derivoare la împingătoare este opțională. Se poate amplasa derivor pupa în scopul de a proteja propulsoarele, de a îmbunătăți stabilitatea de drum şi de a fi utilizat ca sprijin la andocare.
Se poate amplasa şi derivor prova (pinten) care are rolul de a diminua valul de prova şi de a proteja nava în cazul eşuării. Derivoarele nu vor coborî sub LB pentru a nu mări artificial pescajul. Extensia derivorului pupa va fi limitată pentru a nu interfera cu zona propulsoarelor şi a diminua capacitatea de guvernare.

3.5 Alte particularități constructive ale împingătoarelor

Amplasamentul tampoanelor
Tampoanele reprezintă elementul de contact între împingător şi convoi, prin intermediul lor se transmite forța de împingere. La poziționarea şi dimensionarea tampoanelor trebuie avute în vedere:
- asigurarea rezistenței structurale suficiente a tampoanelor
- asigurarea continuității structurale de la elementul de împingere – postamenții motoarelor principale – până la tampoane
- suprafața de contact între tampoane şi barja să fie suficientă şi în corelație cu presiunile de contact admisibile
- din considerente de rigidizare orizontală a convoiului, tampoanele trebuie să fie cât mai depărtate. În acelaşi timp distanța orizontală între tampoane trebuie să fie corelată cu lățimea barjei (şi a zonelor de pe oglinda barjei prevăzute pentru contactul cu tampoanele) şi trebuie avută în vedere cuplarea în convoi în dana simplă (o singură barjă pe lățime) sau dana dublă (două barje pe lățime) când cele două tampoane sunt în contact cu două barje.
- înălțimea tampoanelor trebuie stabilită astfel încât să asigure un contact bun şi o suprafață suficientă pe tot domeniul de pescaje al barjei şi împingătorului (fig.3.9). În acelaşi timp înălțimea tampoanelor trebuie limitată astfel încât partea lor inferioară să fie cât mai puțin imersată iar

partea superioară să nu depăşească limita de gabarit aerian şi să nu obstrucționeze vizibilitatea. În unele cazuri pe barjă se prevăd extensii verticale ale oglinzii care să mărească suprafața de contact la pescaje mari ale barjei.

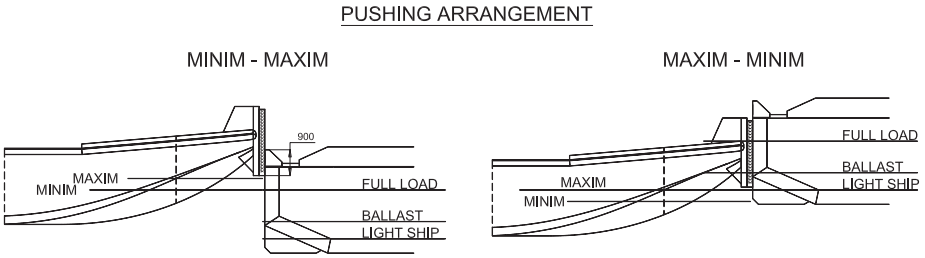


Fig. 3.9 – Poziții relative barjă-împingător pentru stabilirea înălțimii tampoanelor

Legarea în convoi

Transportul fluvial de mărfuri se realizează în prezent cu ajutorul barjelor (nave nepropulsate, fără personal la bord) şi al unei nave de împingere cu motor, toate cuplate între ele într-un ansamblu plutitor rigid denumit convoi împins.

Numărul maxim de barje care pot intra în componența unui convoi împins este stabilit de către beneficiarul navelor respective, fiind în concordanță cu capacitatea de împingere a împingătorului. De asemenea, de comun acord cu beneficiarul, se stabilesc variantele de alcătuire a convoiului împins, plecând de la numărul maxim de barje care pot compune convoiul.

În mod curent pe navele destinate transportului fluvial de mărfuri cuplarea împingător-barjă sau barjă-barjă se face cu sisteme de cuplare cu elemente flexibile (cabluri). Uneori se utilizează şi sistemele de cuplare pe bază de bare rigide în cadrul unor unități navale pre-definite dimensional împingător-nava împinsă.

Componența sistemelor de cuplare

- vinciuri de cuplare
- parâme de cuplare
- babale duble în cruce
- babale simple (binte) în cruce
- binte plate (denumite de navigatorii români “farfurii”)

Vinciuri de cuplare

Vinciurile de cuplare sunt echipamente de tracțiune care reprezintă punctele fixe de legătură de pe navele din convoi cu care se strâng parâmele de legare în vederea realizării convoiului. Constructiv ele sunt prevăzute numai cu acționare manuală.

Numărul de vinciuri de cuplare nu este reglementat prin Reguli de Registru dar este dependent de dimensiunile convoiului şi de puterea împingătorului, prin formula de calcul a forţelor de legătură dintre unităţile convoiului. O astfel de formulă este arătată în Regulile unificate BV – GL pentru nave de navigaţie interioară şi ea are următoarea formă:

$$R = \frac{0.266 \cdot P \cdot L}{B}$$

în care:

R – este forţa orizontală a legăturii dintre împingător şi restul convoiului, în kN;

L - este lungimea împingătorului, în m;

B - este lăţimea împingătorului, în m;

P - este puterea motoarelor împingătorului, în kW.

În funcţie de forţa R rezultată se stabileşte numărul de vinciuri de cuplare, şi forţa de tracţiune a acestora.

Vinciurile de cuplare sunt definite printr-o serie de parametri:

- diametrul şi lungimea parâmei de cuplare
- forţa statică maximă admisă constructiv de vinci
- forţa dinamică, cu care se poate strânge manual parâma de cuplare

Pe împingător vinciurile de cuplare se amplasează la prova, fiind în număr de două sau patru (funcţie de puterea navei), existând şi varianta cu încă două vinciuri de cuplare la pupa, în cazul în care convoiul include şi barje legate de împingător cu bordul (“la ureche”).

Pe barje, numărul de vinciuri de cuplare este de patru pe fiecare barjă, amplasate în cele 4 colţuri ale corpului. Există şi posibilitatea de a utiliza în anumite situaţii specifice numai câte două vinciuri de cuplare pe o barjă.

Parâme de cuplare

Parâmele de cuplare reprezintă elemente de legătură flexibile şi rezistente între împingător şi barje precum şi între barjele din componenţa convoiului. Parâmele de cuplare se realizează din cabluri din oţel, care se stochează pe tobele vinciurilor de cuplare.

Lungimea parâmelor de cuplare şi numărul acestora nu este reglementat prin Reguli de Registru, acest lucru fiind stabilit în faza de proiectare a navelor ce compun convoiul. Informativ, această lungime poate varia între 30-40 m în mod normal.

Forţa minimă de rupere a parâmei de cuplare se stabileşte plecând de la valoarea forţei R de mai sus. Aceasta se distribuie pe un număr de fire de legătura între împingător şi barjele împinse şi funcţie de forţa rezultată într-un fir se alege un cablu din oţel corespunzător.

La stabilirea schemei de legare se va avea în vedere ca fiecare parâmă care pleacă de pe un vinci de cuplare de pe împingător spre barjă trebuie să se întoarcă tot pe împingător (fig. 3.10).

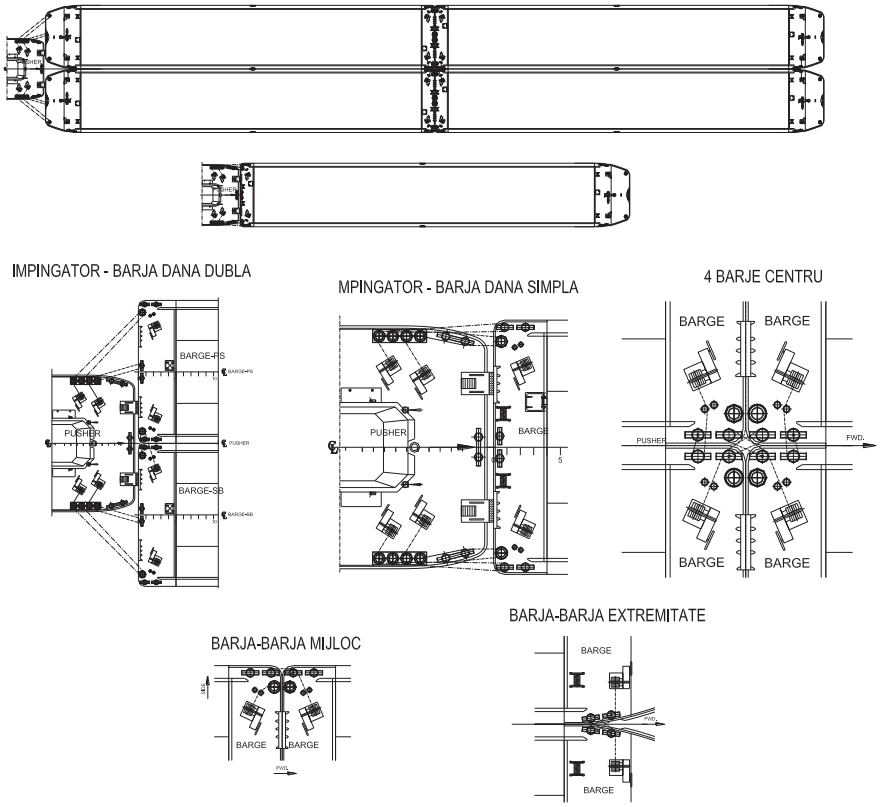


Fig. 3.10 – Cuplarea în convoi

Babale duble în cruce şi binte în cruce

Se utilizează atât pe împingătoare cât şi pe barje. Sunt construcţii cu una sau două coloane tubulare verticale prevăzute cu o traversă tubulară, destinate pentru cuplarea navelor ce compun convoiul cât şi pentru legarea (acostarea) unei nave solo, la un cheu sau altă navă acostată.

De regulă, corpurile verticale sunt încastrate rezistent în corpul navei pe care se amplasează. Babalele se amplasează simetric în borduri, în număr egal.

Binte plate (farfurii)

Sunt construcţii cilindrice, cu înălţime mică, care se amplasează atât pe împingător cât şi pe barje, destinate pentru cuplarea navelor ce compun

convoiul şi care permit legarea cu un singur fir de parâmă. Montajul bintelor plate se face direct pe puntea navei sau pe un postament intermediar, pe care se montează un grup întreg de binte dintr-un bord. Bintele se amplasează simetric în borduri, în număr egal.

Instalaţia de ancorare

Datorită aranjamentului specific al unui convoi împins, amplasarea elementelor instalaţiei de ancorare este specifică şi anume ancorarea la împingător în pupa navei, iar la barje în prova. O altă caracteristică o reprezintă nişele de ancoră care trebuie să fie capabile să "ascundă" ancora în interiorul învelişului.

În acest capitol se face referire la dotarea cu echipament de ancorare a navelor ce compun un convoi fluvial, compus dintr-un împingător şi un număr de barje care sunt împinse de acesta şi nu se referă la nave propulsate sau nepropulsate, sau instalaţii plutitoare, care nu intră în compunerea unui convoi fluvial împins.

Echipamentul de ancorare care se prevede la pupa unei nave împingător trebuie să asigure ancorarea convoiului în situaţia navigaţiei convoiului în aval, iar echipamentul de ancorare care se prevede la prova barjelor împinse trebuie să asigure ancorarea convoiului în situaţia navigaţiei convoiului în amonte.

Pentru evitarea problemelor de compunere a convoiului, oricare barjă care intră în compunerea unui convoi trebuie să asigure ancorarea acestuia în situaţia navigaţiei convoiului în amonte. Cerinţele tehnice privind echipamentele de ancorare pentru convoaiele fluviale împinse sunt reglementate prin Regulile Rin adoptate şi de România.

Componenţa echipamentului de ancorare (fig.3.11)

- ancore
- lanţuri sau cabluri de ancoră
- vinciuri de ancoră
- stope de lanţ
- nări de ancoră
- nări de lanţ

Ancore

Regulile precizează condiţiile pe care trebuie să le îndeplinească ancorele pentru a fi acceptate de Societatea de Clasificare. Exemplificăm câteva din acestea:

- Ancorele se pot executa din oţel turnat sau din table din oţel sudate.
- Nu se admite executarea ancorelor din fontă.

Lanţuri şi cabluri de ancoră

Regulile menţionează două tipuri constructive de lanţuri de ancoră:

- Cu zale scurte (fără punte)
- Cu zale cu punte

În ambele situații lanțurile se execută din bară din oțel, prin sudură electrică cap la cap, utilizându-se instalații automatizate de tip conveier.
Oțelurile acceptate pentru executarea lanțurilor de ancoră se clasifică în trei grade de rezistență, notate K1, K2 şi K3, în ordinea crescătoare a rezistenței mecanice.
Notă: Pentru cablurile de ancoră Regulile nu conțin prea multe cerințe de ordin constructiv ci numai pe cele privind rezistența şi lungimea, elemente care vor fi reluate mai jos.

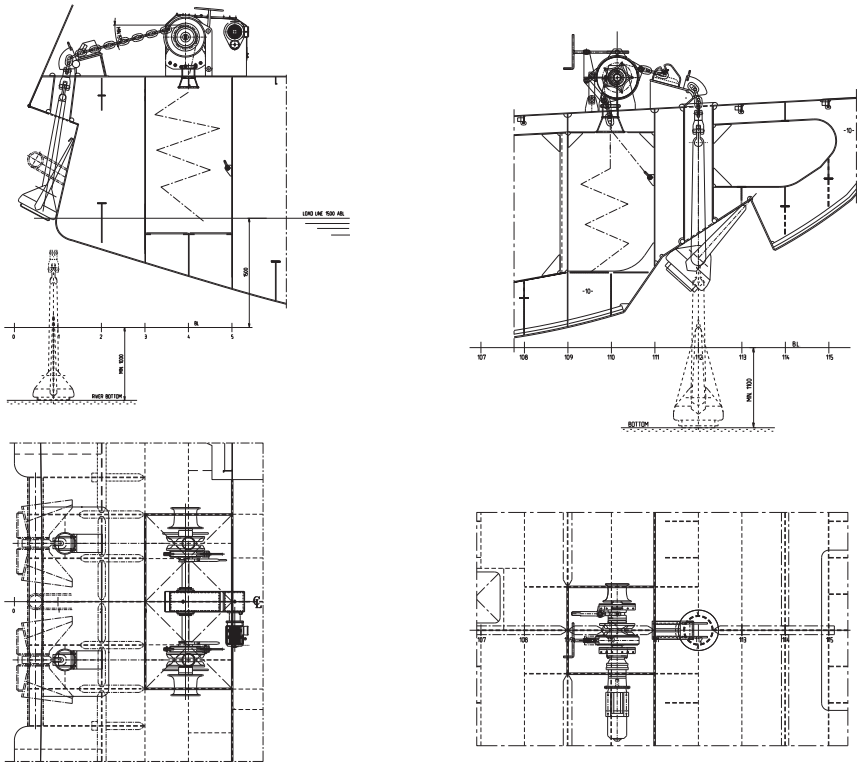


Fig. 3.11 – Sistemul de ancorare împingător (st) şi barjă (dr)

Vinciuri de ancoră
Vinciurile de ancoră trebuie prevăzute pentru manevrarea ancorelor cu masa mai mare decât 50 kg. Vinciurile de ancoră pot fi acționate cu motor electric sau hidraulic, condiția fiind ca sursa de energie să fie independentă de cea folosită pentru acționarea altor echipamente de punte. Se admite numai acționare manuală a vinciului de ancoră dacă ancora asociată nu depăşeşte 250 kg. În cazul vinciurilor acționate cu motor electric sau hidraulic este

recomandat să se prevadă suplimentar şi o acţionare manuală, de avarie, pentru asigurarea virării ancorelor în scopul evitării blocării şenalului navigabil.
Alte câteva din cerinţele privind vinciurile de ancoră ar fi:

- Barbotina vinciului trebuie să fie decuplablă şi prevăzută cu o frână dimensionată pentru 80% din forţa de rupere a lanţului de ancoră, dacă instalaţia de ancorare nu este prevăzută cu o stopă de lanţ care să asigure ancorarea (ţinerea la ancoră), şi respectiv 45% din forţa de rupere a lanţului de ancoră dacă instalaţia de ancorare este prevazută cu o stopă de lanţ care asigură ancorarea (ţinerea la ancoră).
- Forţa de tracţiune la barbotină se calculeaza funcţie de categoria lanţului (K1, K2 sau K3), şi ea trebuie asigurată timp de minim 30 min la o viteză de minim 0.15 m/sec (9 m/min)

Stope de lanţ
Stopele de lanţ care se utilizează cu precădere în prezent pot fi "cu cutiţ" şi " cu rolă şi cutiţ".
Aceste stope asigură ancorarea (ţinerea la ancoră) unităţii nautice, fiind dimensionate pentru 80% din forţa de rupere a lanţului de ancoră.

Nări de ancoră şi nări de lanţ
Se execută din ţevi din oţel şi oţel rotund pentru bordurarea capetelor.

Etapele stabilirii echipamentului de ancorare pentru o unitate nautică

- Se stabilesc dimensiunile celei mai mari unităţi nautice care poate fi deservită de împingătorul respectiv.
- Se calculează masa totală necesară a ancorelor prova care se montează pe barjele din capul convoiului, cu formula:

$$P = k \cdot B \cdot T$$

în care:

k = coeficient a cărui valoare se stabileşte în funcţie de deadweight-ul convoiului. (ex: k = 70 dacă Dwt > 1000 t)

B = lăţimea unităţii nautice

T = pescajul maxim al unităţii nautice

Masa totală astfel calculată, se divide corespunzător numărului de barje, considerându-se câte o ancoră în PD-ul fiecăreia.

- Reducerea masei totale calculate
  Regulile stabilesc condiţiile în care masa totală calculată pentru ancorele prova poate fi redusă, astfel:
  - În cazul navigaţiei în zone cu notaţia IN(0), sau IN(0,6), unde viteza curentului apei este de sub 6 km/h, valoarea lui P poate fi redusă cu 13%.

  - În cazul utilizării ancorelor cu forța de ținere mărită (High Holding Power), se admite o reducere a valorii P cu 30-50%, în funcție de tipul ancorei H.H.P. adoptat.
- Determinarea ancorelor care trebuie prevăzute la pupa împingătorului din dotarea unității nautice. În cazul în care unitatea nautică are o lungime mai mică de 86 m, masa ancorelor pupa va fi de minim 25% din P. În cazul în care unitatea nautică are o lungime mai mare de 86 m, masa ancorelor pupa va fi de minim 50% din P. La adoptarea ancorelor, se va ține seama de reducerea maselor pentru cazul utilizării ancorelor H.H.P.
- Determinarea dimensiunilor lanțurilor de ancoră. Procedura este aceeaşi, indiferent dacă este vorba de ancorele barjelor sau ale împingătorului.
  a) Se calculează forța minimă de rupere necesară a lanțurilor de ancoră, în funcție de masa de calcul a ancorei respective, determinată mai sus. Se adoptă calibrul lanțului, în funcție de categoria de material adoptată K1, K2 sau K3, utilizând un standard de lanțuri de ancoră.
  b) Determinarea lungimii lanțurilor de ancoră. Pentru ancorele barjelor se indică aceste valori, funcție de lungimea unității nautice şi de zona de navigație. Pentru ancorele împingătoarelor, lungimea fiecărui lanț de ancoră va fi de minim 60 m.
- Cerințe pentru cablurile de ancoră din oțel. După calculul forței minime de rupere a lanțului de ancoră, alegerea cablului de ancoră echivalent se face astfel:
  - Forța de rupere a cablului de ancoră va fi egală cu a lanțului de ancoră pe care îl înlocuieşte;
  - Lungimea cablului de ancoră va fi mai mare cu 20% față de lungimea lanțului de ancoră pe care îl înlocuieşte.

Sistemul de guvernare

Pentru a realiza perfomanțele de manevrabilitate necesare navigației în convoi, împingătoarele sunt prevăzute cu un sistem de guvernare specific. Sistemul de guvernare este compus din (fig 3.12):

- sursa de putere; din considerente de redundanță, se prevăd trei surse, două unitați electro-hidraulice independente şi o unitate hidraulică acționată de motorul principal
- sistemul de acționare al cârmelor format din cilindri hidraulici, mecanismul patrulater, stopele şi bara de egalizare
- arborii şi lagărele de cârmă
- cârmele
- sistemele de comandă şi control

Cârmele sunt amplasate câte două de o parte şi de alta a elicei astfel încât să formeze un tunel care să dirijeze jetul elicei realizând astfel atât guvernarea pasivă prin forța portantă ce apare pe cârme cât şi activă prin devierea jetului produs de elice. Pentru creşterea eficienței hidrodinamice a cârmelor, profilul acestora poate fi asimetric iar unghiurile de bandare sunt diferite pentru cârmele de la interior şi cele de la exterior.

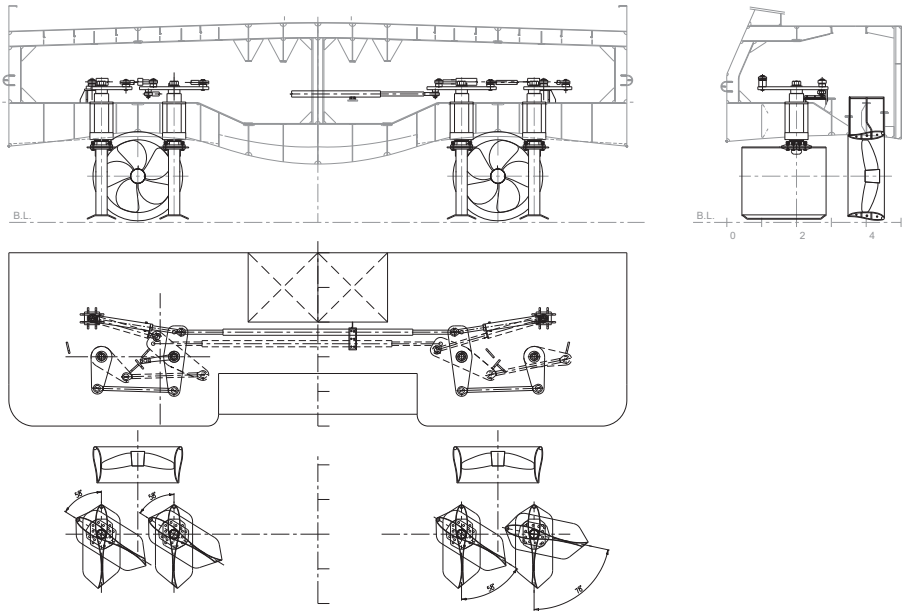


Fig. 3.12 – Sistemul de guvernare cu 4 cârme (Van der Velden)

Pentru calculul sistemului de guvernare se parcurg următoarele etape:

- determinarea suprafeței şi dimensiunilor cârmelor; rezultă din diagramele obişnuite pentru cârme în jetul elicei dar sunt restricționate de spațiul disponibil;
- alegerea profilului cârmei
- calculul forțelor şi momentelor în sistemul de guvernare
- dimensionarea unităților de putere
- dimensionarea axului şi lagărelor
- dimensionarea elementelor mecanismului de acționare

Timoneria

Construcția timoneriei şi amplasarea trebuie să țină cont de următoarele cerințe:

- să asigure o bună vizibilitate orizontală de cel puțin 240º (din care minim 140º spre prova) , iar sectoarele oarbe individuale şi totale să fie conform Regulilor
- să asigure o bună vizibilitate verticală de minim 10º în sus, iar în jos suficientă pentru observarea punții cu echipamentele de cuplare convoi
- să fie suficient de înaltă astfel încât zona lipsită de vizibilitate în prova convoiului să fie mai mică de 250 m sau două lungimi de convoi (valoarea minimă) până la suprafața apei (fig. 3.13).

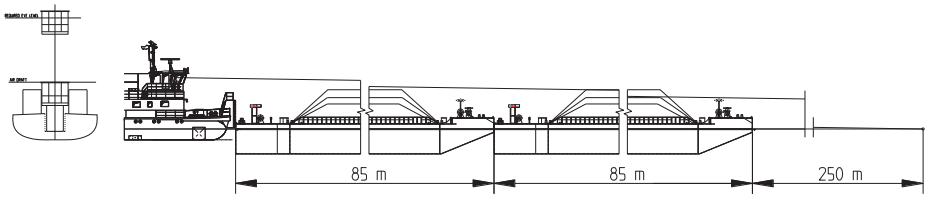


Fig. 3.13 – Vizibilitatea în convoi

Această ultimă cerință conduce la timonerii amplasate la mare înălțime, până la 15-20 m (în special în cazul convoaielor lungi cu barje portcontainer). Deoarece majoritatea căilor navigabile nu permit un astfel de gabarit aerian, soluția constă în timoneria montată pe coloană telescopică.

Ridicarea timoneriei se face cu sisteme hidraulice sau mecanice.

Sistemul de ridicare este prevăzut cu role de alunecare şi ghidare care împiedică mişcările laterale ale timoneriei. Scara de acces trebuie şi ea să urmărească mişcarea pe verticală a timoneriei.

O problemă specială o prezintă sistemul de ghidare şi pliere a cablurilor de comandă.

Stabilitatea

Deoarece lățimea împingătoarelor este mare, cota centrului de greutate este mică iar condițiile de navigație sunt specifice navigației în ape interioare, stabilitatea împingătoarelor nu reprezintă un element critic. În cele mai multe cazuri este suficient ca înălțimea metacentrică corectată cu efectul suprafețelor libere să fie pozitivă, preferabil mai mare ca 0.5 m. Adițional, înclinarea navei în condiții de vânt lateral şi giratie la viteza maximă nu trebuie să depăşească 5 grade iar bordul liber rezidual să fie mai mare de 100 mm. Aceste criterii sunt informative, ele se vor adapta cerințelor specifice ale clasei şi ale autorității naționale sub care se înmatriculează nava.

3.6 Probe specifice împingătoarelor

Pe lângă probele specifice oricărei nave – vibrații locale, zgomot, vibrații torsionale, viteza, etc. – în cazul împingătoarelor, mai precis a convoaielor, sunt prevăzute probe specifice şi anume:

- Manevra de oprire
- Manevra de evitare
- Manevra de întoarcere

În timpul acestor probe, gradul de încărcare a convoiului trebuie să depăşească 70% din capacitatea maximă de transport. Se pot utiliza toate mijloacele auxiliare – thrustere, guvernare activă, etc. – cu excepția ancorelor. Totuşi ca o excepție, la întoarcerea în amonte, se poate folosi ancora prova.

Manevra de oprire

Navele şi convoaiele care navigă în aval trebuie să fie capabile să oprească în timp util. Pe durata manevrei de oprire, nava (convoiul) trebuie să rămână suficient de manevrabil. Condițiile manevrei de oprire sunt: nava navigă în aval cu viteza maximă declarată, iar adâncimea apei sub chilă va fi de minim 20% din pescaj dar nu mai mică de 50 cm. Condițiile ce trebuie îndeplinite sunt:

a. în apa curgătoare cu viteza curentului de 1.5 m/s, distanța de oprire în raport cu uscatul va fi de cel mult 550 m pentru nave (convoaie) cu L > 110 m şi de 480 m dacă L ≤110 m
b. în apa cu viteza curentului mai mică de 0.2 m/s, distanța de oprire în raport cu uscatul va fi de cel mult 350 m pentru nave (convoaie) cu L > 110 m şi de 305 m daca L ≤ 110 m

În cadrul acestei probe trebuie demonstrat că în apa fără curent viteza la marş înapoi este cel puțin de 6.5 km/h.

Simboluri in fig. 3.14:
A: comanda "stop"
B: elicea oprită
C: elicea la marş înapoi
D: v = 0 în raport cu apa
E: v = 0 în raport cu uscatul
(v: viteza navei)
v_L: v în raport cu uscatul
s: distanța în raport cu uscatul
t: timpul

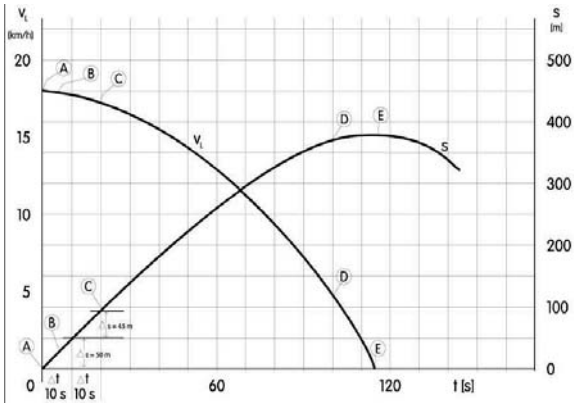


Fig. 3.14 – Manevra de oprire

Manevra de evitare

Navele şi convoaiele trebuie să aibă capacitatea de a evita obstacolele în timp util. Condițiile manevrei de evitare sunt: nava navigă cu viteza maximă declarată, iar adâncimea apei sub chilă va fi de minim 20% din pescaj, dar nu mai mică de 50 cm. Procedura de bază a manevrei de evitare este prezentată în fig. 3.15.

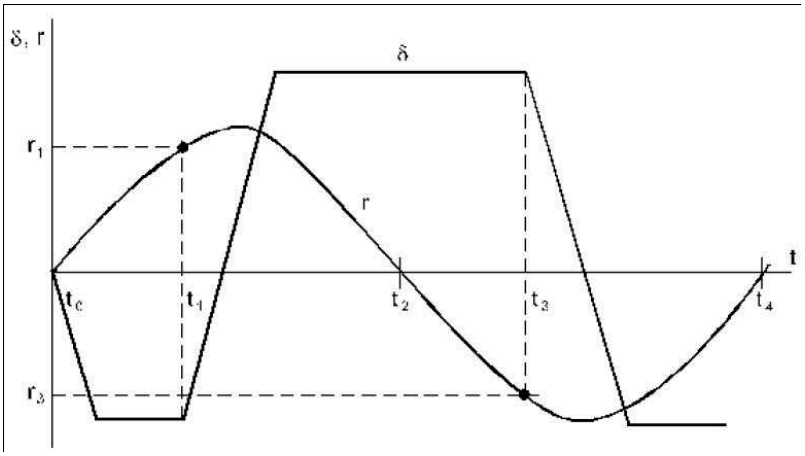


Fig. 3.15 – Manevra de evitare

Simboluri în fig. 3.15

t_0 = începutul manevrei
t_1 = timpul în care se atinge viteza de giraţie r_1
t_2 = timpul în care se atinge viteza de giraţie $r_2 = 0$
t_3 = timpul în care se atinge viteza de giraţie r_3
t_4 = timpul în care se atinge viteza de giraţie $r_4 = 0$ (sfârşitul manevrei)
δ = unghiul la cârmă [°]
r = viteza de giraţie [°/min]

Derularea manevrei de evitare este următoarea:

- convoiul navigă cu viteza de proiect constant în raport cu apa, viteza de giraţie r = 0°/min, unghiul la cârmă $\delta 0 = 0°$, motoarele în regim constant
- se iniţiază manevra de evitare prin punerea cârmei (babord sau tribord) la unghi δ
- se menţine poziţia cârmei constantă până când se atinge viteza de giraţie r_1 (stabilită în funcţie de dimensiunile navei)
- se pune cârma în bordul opus la unghi δ
- se menţine poziţia cârmei constantă, trecând prin momentul t_2 (viteza de giraţie 0) până când se atinge viteza de giraţie r_3

– se pune cârma în bordul opus la unghi δ şi se menține până când nava ajunge la viteza de giraţie r_4=0. În acest moment nava trebuie să revină pe cursul inițial.

Capacitatea de evitare a navei (convoiului) este dată de amploarea deplasării laterale de la traiectoria inițială şi prin revenirea la cursul inițial după finalizarea manevrei.

3.7 Împingătoare maritime

Spre deosebire de împingătoarele fluviale adaptate navigației în ape interioare, împingătoarele maritime trebuie să facă față condițiilor specifice navigației în valuri şi fără limitări semnificative de adâncime. Atât forma împingătoarelor fluviale cât şi sistemul de legare a convoiului sunt improprii utilizării pe mare. Din aceste motive, împingătoarele maritime sunt în fapt nave de tip remorcher adaptate la navigația prin împingere a navelor nepropulsate. Formele, dimensiunile şi aranjamentul propulsiei sunt similare remorcherelor. Deosebirea constă în aranjamentul prova şi în configurația specială a sistemului de cuplare. În loc de tampoane se utilizează un sistem de cuplare de tip articulat care este capabil să preia mişcările relative ale împingătorului şi convoiului, mişcări induse de oscilația pe valuri a celor două entități. În cazul în care acest sistem ar fi rigid, forțele foarte mari în legături ar conduce la dimensiuni nerationale ale sistemului de cuplare.

Una din posibilitățile de conectare o reprezintă cuplajul articulat cu patina tip F (fig 3.16). Acesta poate funcționa până la valuri de travers de 3 m şi valuri de prova de până la 6 m. Împreună cu parâmele de legătură, sistemul blochează toate gradele de libertate exceptând tangajul.

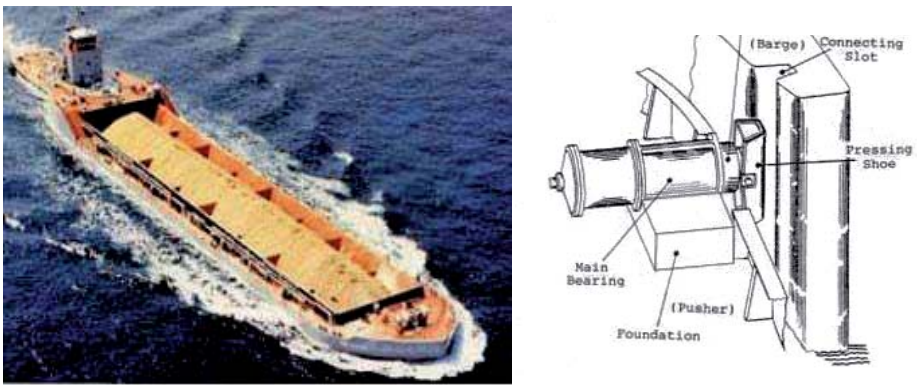


Fig. 3.16 – Convoi maritim (st) şi detaliu sistem de cuplare cu patină (dr)

4. NAVE DE ASISTENȚĂ ŞI SUPORT

Navele de asistență şi suport sunt nave destinate desfăşurării unor operații specifice şi limitate de susținere a activității portuare, de lucrări offshore şi pe căile navigabile. În general aceste nave sunt de dimensiuni mici şi medii, adaptate şi echipate pentru funcții specifice.
Dintre aceste nave se pot enumera:

Nave pentru asistența portuară
- Pilotine
- Nave de servicii generale (workboat, mooring boat)
- Nave de stins incendiu

Nave de asistență subacvatică
- Nave pentru lucrări subacvatice
- Nave de asistență scafandri

Nave pentru semnalizarea căilor navigabile
- Nave de manevra mijloacelor de semnalizare
- Nave far

Nave de cercetări hidrografice

Nave de depoluare
- Nave bază şi uzine de tratare
- Nave de intervenție

Spărgătoare de gheață

Nave de suport offshore (tratate în capitolul 7)

În mod frecvent se construiesc nave care să acopere o gamă mai largă de funcții combinate atât între cele enumerate mai sus cât şi împreună cu funcții caracteristice remorcherelor.
Pe de altă parte majoritatea remorcherelor au echiparea specifică pentru a primi clasa de navă de stins incendiu, pot fi dotate cu macarale de bord care să le permită asistența limitată a unor lucrări subacvatice şi manevra mijloacelor de semnalizare.
În acelaşi timp, navele de suport offshore sunt echipate cu sisteme puternice de luptă contra incendiului (chiar până la FiFi III) şi în acelaşi timp au echipamentele şi dotările necesare care să le permită efectuarea de lucrări subacvatice şi să acorde asistență echipelor de scafandri.

4.1 Pilotine

Pilotinele sunt nave destinate transportului piloților la bordul navelor aflate în radă sau în marş înainte de intrarea în zona de pilotaj. Se utilizează şi pentru transportul la şi de la navă al altor autorități (vama, poliție de frontieră) sau chiar membri din echipaj. Pilotinele sunt utilizate atăt în zone maritim costiere cât şi în zona apelor interioare.
Caracteristic unei pilotine sunt (fig. 4.1):

- numărul mic de persoane transportate (1 .. 6), lungime mică (6..15) m, viteza de deplasare medie sau mare (15 .. 35 nd);
- comportarea bună în mare agitată, stabilitate bună şi grad ridicat de etanşeitate, măsurile de protecție la acostare – brâuri, baloane – care să permită acostarea la nave în condiții de mare agitată;
- semnalizarea specifică (lumini, drapel H), culorile tipice vizibile;
- dotări care să permită urcarea / coborârea pesonalului de pe pilotină pe navă, ținând cont de diferența mare de dimensiuni între pilotină şi nava asistată, echipamente de navigație şi comunicații performante;
- corpul întărit, rezistent la navigația în forță pe valuri şi la impact cu navele, formele V pronunțate la prova care să reducă impactul cu apa la viteza mare

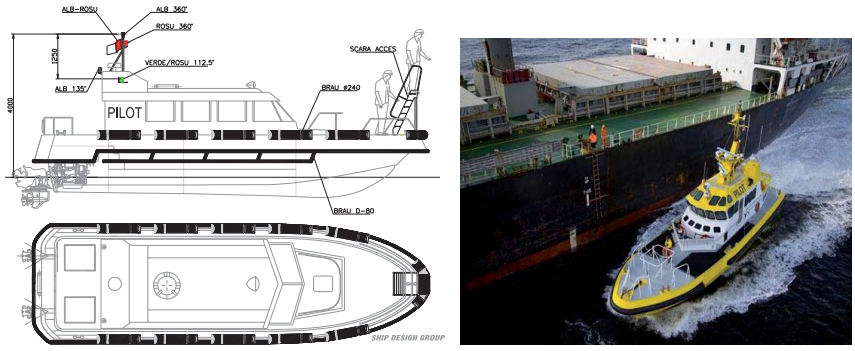


Fig. 4.1 – Pilotina fluvială (st) şi maritimă (dr)

O categorie aparte o constituie navele bază pentru piloți, respectiv nave de mai mari dimensiuni destinate staționării îndelungate în zonele de aşteptare. Se utilizează atunci când portul este îndepărtat de locul de preluare al navelor. Aceste nave bază sunt dotate cu spații de cazare pe timp îndelungat, cu bărci de mici dimensiuni pentru deplasarea pilotului la navă şi cu sisteme antiruliu care să diminueze mişcările oscilatorii ale navei.

4.2 Nave de servicii generale

Navele de servicii generale sunt destinate utilizării la activități conexe în zonele portuare atunci când nu sunt disponibile nave specializate sau utilizarea acestora nu se justifică. Dintre aceste activități se pot aminti:

- transport ocazional de persoane (nu în regim de navă de pasageri)
- asistența la manevră de acostare (mooring)
- remorcaj de mică putere
- pilotaj
- transport ocazional de materiale şi echipamente
- asistența lucrări subacvatice, etc.

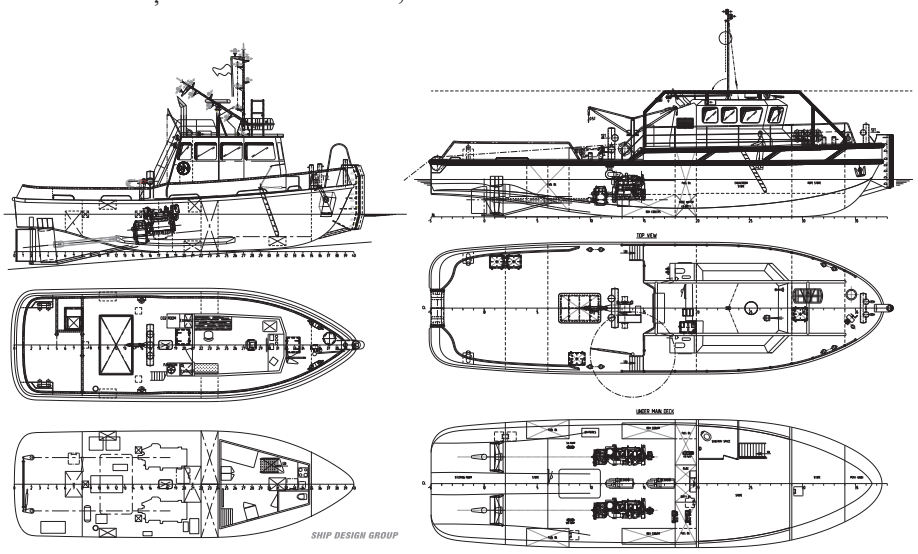


Fig. 4.2 – Microtug (st); Mooring boat (dr şi foto)

Caracteristicile acestui tip de navă sunt dictate de funcțiile pentru care au fost construite şi de specificul zonei de operare, respectiv zone portuare aglomerate. Rezultă astfel:

- nave de mici dimensiuni, 7 .. 20 m
- viteza mica, 8 .. 12 nd şi putere limitată, 150 .. 400 CP
- foarte bune calități de manevrabilitate
- amenajări reduse pentru operare de scurtă durată
- construcție robustă cu brâuri de protecție şi etrava întărită pentru împingere
- protecția sub apă împotriva eşuarii şi deasupra apei împotriva agățării parâmelor de acostare
- dotarea cu sisteme de legare-remorcare, etc.

4.3 Nave de stins incendiu

Navele de stins incendiu sunt destinate luptei împotriva incendiilor la nave, platforme, instalații portuare, etc. Agentul de stingere al incendiului este în principal apa. Se mai utilizează adițional spuma pentru stingerea incendiilor întreținute de produse petroliere. Adițional, pe lângă stingerea incendiului, aceste nave trebuie să asigure şi salvarea persoanelor prinse în zona de incendiu.

Navele de stins incendiu se pot grupa în 4 categorii:

- Fire Fighter I – nave implicate în general în stadiile incipiente ale incendiului sau în incendii de mai mică amploare şi în operații de salvare a persoanelor din zona de incendiu. Nava de clasa FiFi I este prevăzută cu protecții active şi pasive împotriva radiației termice fapt care le permite să acționeze în vecinatatea imediată a incendiului.
- Fire Fighter II – nave implicate în lupta de lungă durată cu incendii mari utilizate la stingerea incendiului sau la răcirea structurilor incendiate. Acționează de la o distanță sigură care nu pune nava în pericol.
- Fire Fighter III – nave cu aceeaşi destinație ca şi FiFi II dar cu o capacitate de pompare mai mare şi cu echipamente mai puternice
  Dacă o navă FiFi II sau III este dotată şi cu sisteme de protecție contra căldurii emanate de incendiu şi cu sisteme de salvare persoane pot primi clasificare combinată FiFi I + II (III)
- Nava cu capabilități Fire Fighting – nava prevăzută cu instalații şi sisteme de luptă împotriva incendiului dar acestea nu îndeplinesc caracteristicile de performanță necesare clasificării în clasa I, II sau III.

Fig. 4.3 – Navă de stins incendiu

Pentru ca o navă sa fie clasificată FiFi ea trebuie să:
- aibă dotările necesare (pompe, monitoare, sisteme de comandă) cu performanțele cerute
- să fie capabilă să-şi mențină poziția atunci când monitoarele sunt în funcțiune
- să aiba protecție pasivă şi activă la radiația termică degajată de incendiu
- să transporte suficient combustibil pentru acțiune continuă de minim 24 ore (FiFi I) sau 96 ore (FiFi II sau III)
- să aiba stocată cantitatea de spumă necesară pentru cel putin 30 minute acțiune continuă (FiFi II sau III)
- procedurile de acțiune şi nivelul de instruire a personalului să fie certificate

Următoarele aspecte trebuie avute în vedere la proiectarea unei nave FiFi
- Alegerea echipamentelor în conformitate cu categoria FiFi corespunzătoare
- Amenajarea şi amplasarea echipamentelor şi dotărilor specifice
- Balanța forțelor rezultate din acțiunea monitoarelor, propulsoarelor şi thrusterelor
- Stabilitatea sub acțiunea monitoarelor şi thrusterelor

Dotările necesare unei nave cu clasa FiFi sunt:

Pompele de incendiu:

Numărul minim de pompe este:

FiFi I 1-2

FiFi II şi III 2-4

Debitul total al pompelor:

FiFi I: 2400 m^3/h; FiFi II: 7200 m^3/h; FiFi III: 9600 m^3/h

Pompele de incendiu sunt acționate de motoare independente, termice sau electrice. În unele cazuri pompele pot fi acționate de motoarele principale, caz în care se utilizează elice cu pas reglabil pentru a permite balansarea puterii între propulsie şi sistemul FiFi .

Amplasarea pompelor de incendiu trebuie să fie făcută sub linia de plutire (înecate). Chesoanele de aspirație (sea-chest) trebuie să fie exclusive pentru pompele de incendiu, suprafața gratarelor să fie suficientă pentru a limita viteza de aspirație la maxim 2 m/s, iar amplasarea lor să nu fie în zona de acțiune a propulsoarelor sau thrusterelor.

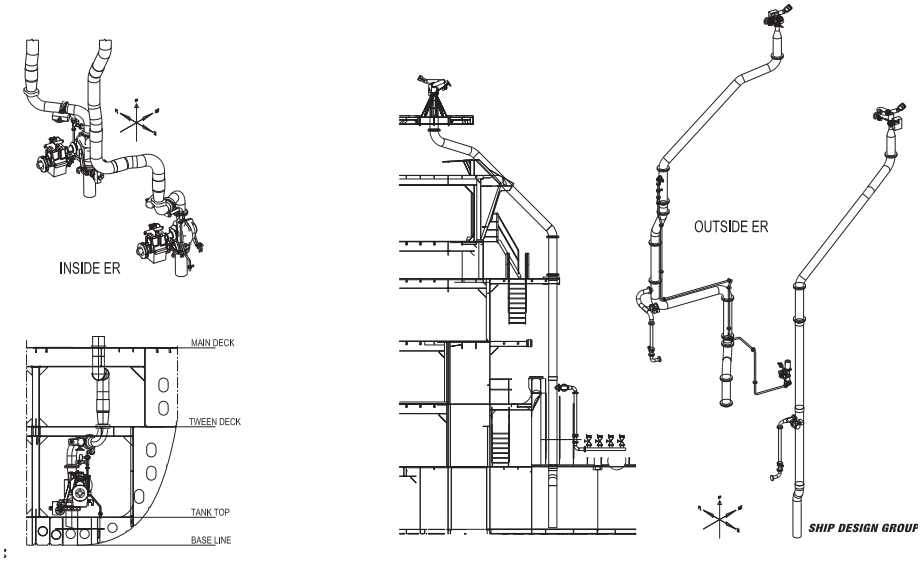


Fig. 4.4 – Instalația de stins incendiu cu apă

Monitoarele de apă:

Numărul minim de monitoare de apă este:

FiFi I 2 monitoare

FiFi II 2-4 monitoare

FiFi III 3-4 monitoare

Amplasarea monitoarelor trebuie să permită rotația orizontală a acestora pe un sector de minim 90° din care minim 30° peste PD. În acest sector jetul de apă nu va fi obstrucționat de elementele constructive ale navei. De asemeni, toate monitoarele vor putea acționa în lungul navei. Raza de acțiune a jetului de apă din monitoare va fi cel puțin:

FiFi I lungime 120 m, înălțime 45-50 m
FiFi II şi III lungime 150-180 m, înălțime 70-90 m

Comanda şi controlul monitoarelor se face de la distanță dintr-o cameră de comandă protejată şi cu bună vizibilitate. Ca măsuri de redundanță, sistemul de control de la distanță este dublat şi în plus este prevăzut şi un sistem local de control. Se prevede şi un sistem de oprire de urgență a monitoarelor ca protecție împotriva acțiunii necontrolate şi periculoase a jeturilor de apă.

Monitoarele de spumă:

La navele cu clasa FiFi III se vor instala minim 2 monitoare de spumă cu capacitate de 300 m^3/h. Lungimea jetului de spumă este de minim 50 m. Raportul de expandare al spumei se va considera 12-15 : 1

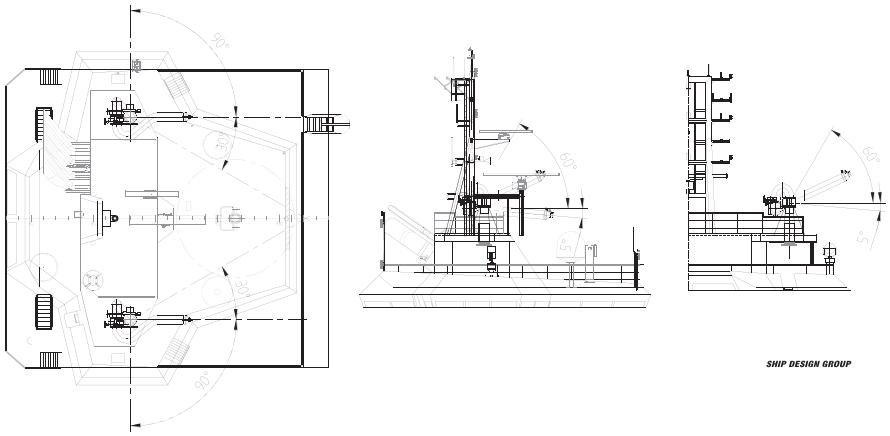


Fig. 4.5 – Amplasarea şi zonele de acțiune a monitoarelor

Echipamente mobile de luptă contra incendiului

În plus față de cele din dotarea instalației de stins incendiu proprie a navei se vor instala:

- La navele cu clasa FiFi, pe punte se prevăd hidranți cu număr minim de conexiuni în fiecare bord pentru furtune: 4 la FiFi I, 6 la FiFi II, 8 la FiFi III
- Furtune 50 mm (8-12-16) x15 m şi ciocuri de barza 16 mm (4-6-8)

- Pompe independente sau pompele de la monitoare dar cu capacitate mărită
- Generator de spumă portabil (FiFi II şi III)

Echipamente pentru pompieri:

Navele cu clasa FiFi se vor echipa cu costume şi echipamente speciale pentru pompieri. Se vor prevedea 4-6-8 costume speciale, rezistente termic şi dotate cu aparate de respirat şi butelii de rezerva. Aceste costume şi echipamente vor fi depozitate în doua locaţii separate dotate cu sisteme de ventilatie şi compresoare de aer.

Protecţia navei împotriva radiaţiei termice degajate de incendiu

Navele cu clasa FiFi I (şi opţional pentru celelalte categorii) sunt prevăzute cu sisteme de protecţie împotriva căldurii radiate de incendiu. Aceste sisteme sunt de două categorii:

- pasive: construcţia din oţel a corpului, suprastructurilor, uşilor şi capacelor, platformelor şi ţevilor expuse. Uşile şi ferestrele vor fi clasa A0
- active: nava este prevăzută cu un sistem permanent de stropire cu apă. Acest sistem este format din duze şi sprinklere care creează o perdea de apă pe toate suprafeţele verticale ale corpului şi suprastructurilor. Sistemul acţionează şi asupra monitoarelor, plutelor şi bărcilor de salvare şi a altor echipamente esenţiale. Sistemul nu trebuie să obstrucţioneze vizibilitatea din timonerie sau de la postul de comandă al monitoarelor. Capacitatea sistemului trebuie să fie de minim 10 l /min / m^2 de suprafaţă protejată.

Manevrabilitatea navelor de stins incendiu

Navele de stins incendiu trebuie să aibă sistem de propulsie şi thrustere laterale (prova şi pupa) astfel încât să asigure o suficientă manevrabilitate în timpul operaţiilor de stins incendiu. Aceste sisteme trebuie să ţină nava fixă în orice situaţie sub acţiunea combinată a jeturilor de apă în cea mai defavorabilă direcţie şi utilizând nu mai mult de 80% din puterea disponibilă.

Stabilitatea navelor de stins incendiu

În plus faţă de cerinţele generale de stabilitate, navele de stins incendiu trebuie să aibă o stabilitate suficientă sub acţiunea momentului de înclinare produs de jeturile de apă la debit maxim şi acţionând în direcţia cea mai nefavorabilă, împreună cu momentul dat de tracţiunea transversală a thrusterelor. Sub acţiunea combinată a acestor două momente nava nu trebuie să se încline mai mult de jumătate din unghiul de maxim al diagramei de stabilitate.

Forța de reacțiune F (N) în monitor calculată în funcție de debitul Q (m^3/s) şi aria ajutajului A (m^2) este: $F = \rho Q^2 / A$

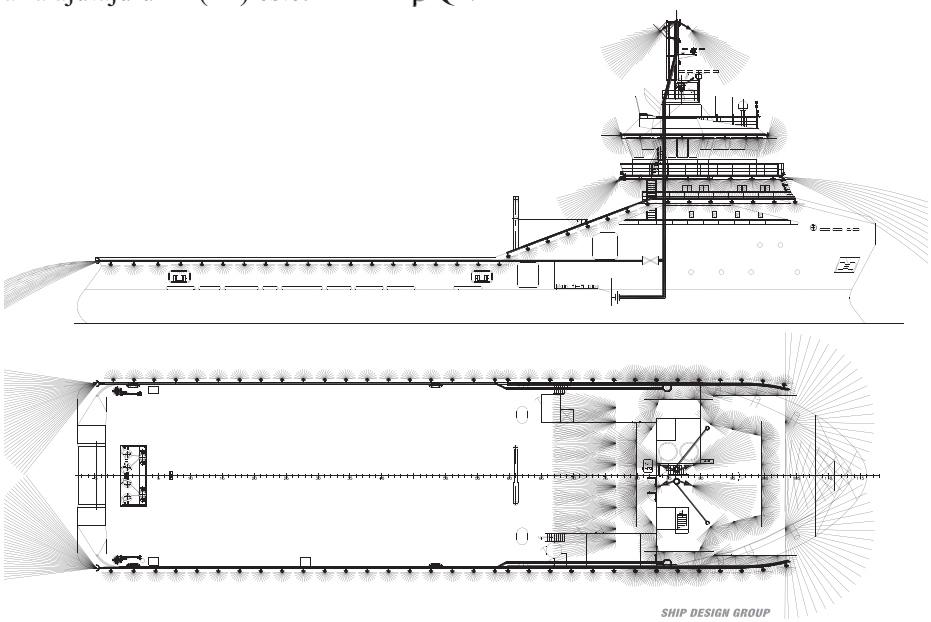


Fig. 4.5 – Distribuția perdelelor de apă la nava de stins incendiu

4.4 Nave pentru lucrări subacvatice

Navele pentru lucrări subacvatice sunt destinate operațiunilor de lansare, poziționare, manevră şi ridicare a obiectelor amplasate sub apă.
Sunt utilizate la construcția digurilor, amplasarea de conducte şi cabluri sub apă, poziționarea şi extragerea geamandurilor, pregătirea fundului apei pentru amplasare şi construcția fundațiilor subacvatice (poduri, insule, mori de vant, etc.), ranfluare de epave, etc.
Pentru realizarea scopului, aceste nave sunt dotate cu instalații şi echipamente specifice (fig. 4.6):

- sistem de poziționare care să fixeze nava deasupra zonei de lucru; se realizează cu ajutorul pilonilor culisanți (acolo unde adâncimea este mică), cu ajutorul ancorelor (de regulă patru ancore, câte una în fiecare colț) sau cu ajutorul thrusterelor (poziționare dinamică)
- macarale de bord pentru manevra greutăților
- vinciuri de manevră a greutăților cu sistem de direcționare a cablurilor şi role de bordaj

- sisteme de sondare şi ridicare topografică a fundului apei
- punte liberă pentru depozitarea materialelor
- spaţii de cazare pentru personalul tehnic suplimentar
- submersibil ROV pentru inspecţia fundului apei

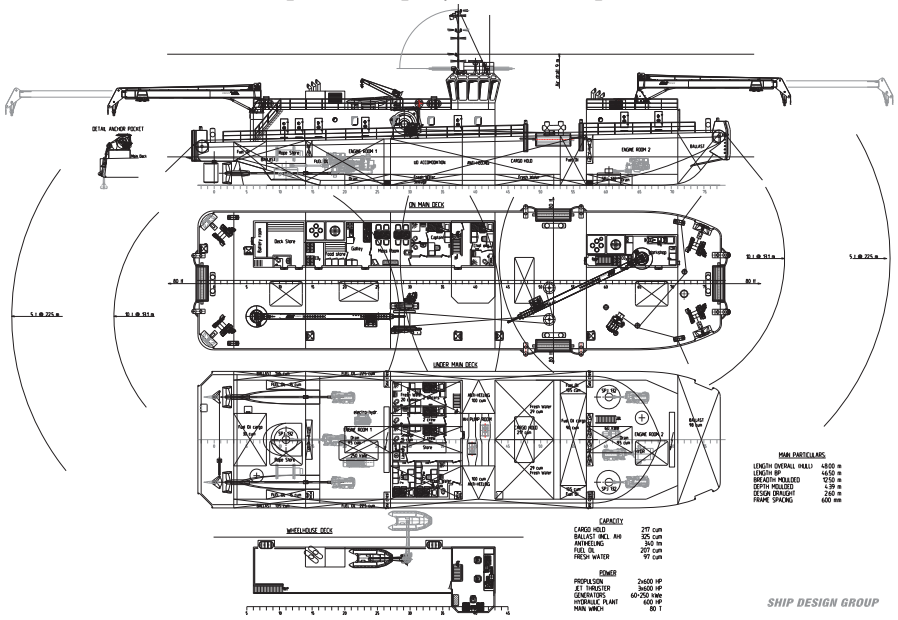


Fig. 4.6 – Navă complexă pentru lucrări subacvatice

În funcţie de complexitatea şi specificitatea lucrărilor subacvatice, navele pot la rândul lor să fie mai simple sau mai complexe, mai dedicate sau cu funcţii mai generale.

Particularităţile de construcţie ale acestor nave sunt:

- Formele sunt simple tehnologic, de regulă de tip ponton, fără a se acorda atenţie performanţelor hidrodinamice
- Structura este robustă, rezistenţa la condiţii grele de exploatare
- Puntea este întărită, iar bordajele protejate cu brâuri rezistente
- Amplasarea echipamentelor pe punte este condiţionată de fluxul tehnologic specific
- Pot fi nave propulsate sau nepropulsate; în cazul navelor propulsate, pe lânga propulsoare acestea sunt dotate cu thrustere care să asigure o poziţionare la “punct fix”. În cazul navelor nepropulsate, acestea sunt dotate cu instalaţii de manevră legare care să faciliteze deplasarea şi asistenţa remorcherelor.

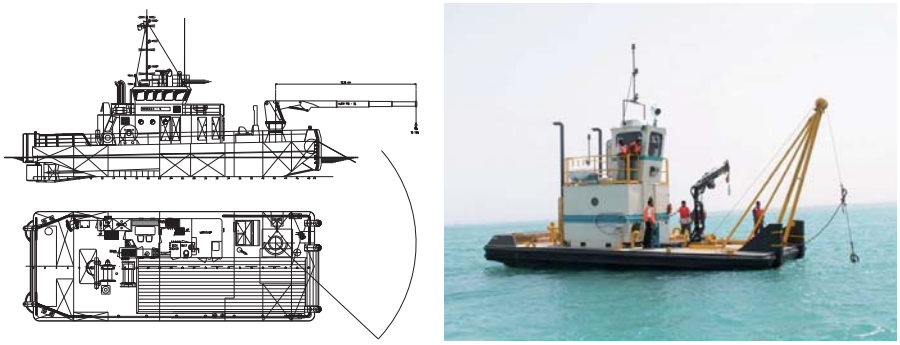


Fig. 4.7 – Nave simple pentru lucrări subacvatice

Pe lângă construcție şi echipare, un aspect important de avut în vedere la aceste nave este stabilitatea. Se va ține cont de:

- regulile de stabilitate generale în concordanța cu zona de navigație (maritim, costier, ape interioare)
- regulile de stabilitate specifice pontoanelor dacă forma navei este de aşa natură
- regulile de stabilitate specifice macaralelor plutitoare dacă nava este echipată cu macarale de mare capacitate (vor fi analizate la capitolul macarale plutitoare)
- regulile de stabilitate specifice echipamentelor tehnologice plutitoare

Pentru această ultimă categorie de criterii, stabilitatea se va analiza sub efectul momentelor de înclinare produse de:

- amplasarea asimetrică a încărcăturii pe punte
- asimetria structurii, echipamentelor, rezervelor şi balastului
- vântul lateral
- curent acționând la travers (în cazul navei ancorate)
- forțele de inerție ce apar la manevra greutăților

4.5 Nave de asistență scafandri

Navele de asistență a scafandrilor sunt utilizate atât ca navă bază pentru scafandri cât şi ca nava de sprijin a activității scafandrilor aflați în imersiune. Dotările specifice ale acestui tip de navă constau în:

- echipamente şi facilități de cazare la bord a echipei de scafandri
- sisteme de asistență a scafandrilor în timpul scufundărilor
- sisteme de hidrolocație şi cercetare a zonei subacvative
- submersibile, de regulă de tip ROV (Remote Operated Vehicle)
- sistem de poziționare a navei deasupra zonei de scufundări

Fig. 4.8 – Nava de asistență scafandri (st) şi barocamera (dr)

Echipamente şi facilități de cazare la bord a echipei de scafandri

Acestea constau în cabine special destinate scafandrilor şi echipei de asistență, sală de antrenament, cabinet medical cu dotări specifice pentru scafandri, sala de echipare/dezechipare şi decontaminare a scafandrilor, spații pentru depozitarea echipamentelor specifice, spații de lucru pe puntea deschisă.

Sisteme de asistență a scafandrilor în timpul scufundărilor.

Echipamentele specifice activității scafandrilor şi care sunt prezente pe navele de asistență scafandri sunt:

- camere de decompresiune (barocamera)
- clopote de scufundare, coşuri de scufundare / recuperare
- butelii de gaz, compresoare, mixere de gaz, sisteme de analiză a gazului, sistem de alimentare cu gaze de respirat, furtune, cordoane ombilicale
- sisteme de încălzire
- sisteme de prevenire şi stingere a incendiului
- sisteme de comandă, automatizare şi comunicații
- sisteme de lansare, recuperare şi transfer
- sistem hiperbaric de evacuare

Camerele de decompresiune (barocamere) sunt incinte presurizate în care scafandrii rămân o perioadă de timp după terminarea scufundărilor la mare adâncime. Această staționare este necesară pentru a evita efectul de intoxicare cu azot datorat decompresiei bruşte. Barocamera este o incinta cu variație de presiune controlată în funcție de regimul de decompresie stabilit. Ea este prevăzută cu urmatoarele facilități:

- protecție împotriva variațiilor necontrolate de presiune

- ecluza (sas) de intrare / ieşire pentru minimum două persoane simultan fără a modifica presiunea din interior
- spaţiu suficient în interior pentru a permite mişcarea (inclusiv statul în picioare) a minimum doi scafandri
- sisteme de menţinere a vieţii – atmosfera controlată, hrana, apa, medicamente, toaleta, duş, etc. pentru toţi ocupanţii pe o perioadă de minim 72 de ore
- ferestre astfel încât orice spaţiu interior să poata fi observat din exterior

Clopotele de scufundare se constituie ca o baza temporară imersată pentru scafandri. Sunt utilizate şi pentru protecţia scafandrilor şi transportul echipamentului pe timpul scufundării şi recuperării. La partea superioară au o cameră de aer (sau amestec de gaze) şi sunt dotate cu un minim de echipament – butelii de rezervă, platformă de odihnă, sistem de încălzire, echipament de salvare de urgenţă, sistem de control a scufundării, sistem de comunicaţii, etc.

Coşurile de scufundare sunt o formă simplificată a clopotelor de scufundare şi nu au cameră de aer.

Echipamentul de lansare / recuperare constă în macarale, A-frame, vinciuri, cabestane, platforme mobile, etc. cu ajutorul cărora se lansează / recuperează scafandrii, echipamentele de scufundare şi ROV-ul. Construcţia acestora se supune regulilor specifice pentru instalaţii de ridicare.

Se practică frecvent ca lansarea / recuperarea scafandrilor, (direct sau cu clopot / coş de scufundare) precum şi a ROV-ului, să nu se facă prin exteriorul navei, ci prin moon-pool unde gradul de protecţie este mult mai bun. Moon-pool este o decupare în fundul navei care pune în comunicaţie un compartiment special din navă cu exteriorul.

Sistemul de evacuare de urgenţă este o altă caracteristică a navelor de asistenţă scafandri. Rolul acestui sistem este de a permite evacuarea scafandrilor aflaţi în perioada de decompresiune în situaţia de abandon a navei. Se utilizează mai multe sisteme de evacuare:

- bărci de salvare hyperbarice, practic bărci de salvare dotate cu barocamera
- barocamere mobile care pot fi lansate în apă şi remorcate sau încărcate pe alte nave
- transferul scafandrilor pe altă nave utilizând clopotul de scufundare
- mini-submarin presurizat prevăzut cu sisteme de menţinere a vieţii care să transfere scafandrii în imersiune în aşteptarea unei nave de salvare

Proiectarea şi construcţia sistemelor de asistenţă pentru scafandri se supun Regulilor Societăţilor de Clasificare şi Internaţionale. Regula de referinţă: IMO536 (13) şi A831 (19) Code of Safety for Diving Systems.
Navele de asistenţă scafandri mai pot fi dotate cu alte sisteme specifice cum ar fi:

- Sisteme de hidrolocaţie şi cercetare a zonei subacvatice
- Submersibile de tip ROV (Remotely Operated Vehicle)
- Sistem de poziţionare a navei deasupra zonei de scufundări

Mai multe detalii la capitolul 7, nave de suport a activităţilor offshore.

4.6 Nave pentru semnalizarea căilor navigabile

Nave pentru manevra mijloacelor de semnalizare

Şenalul căilor navigabile fluviale şi maritime în zona porturilor este marcat cu mijloace de semnalizare. O parte a acestor mijloace de semnalizare sunt pe uscat (faruri, semnale de informare, avertizare şi interdicţie, semnale de aliniere, etc.), iar o parte sunt amplasate pe apă (faruri plutitoare, geamanduri şi scondri).

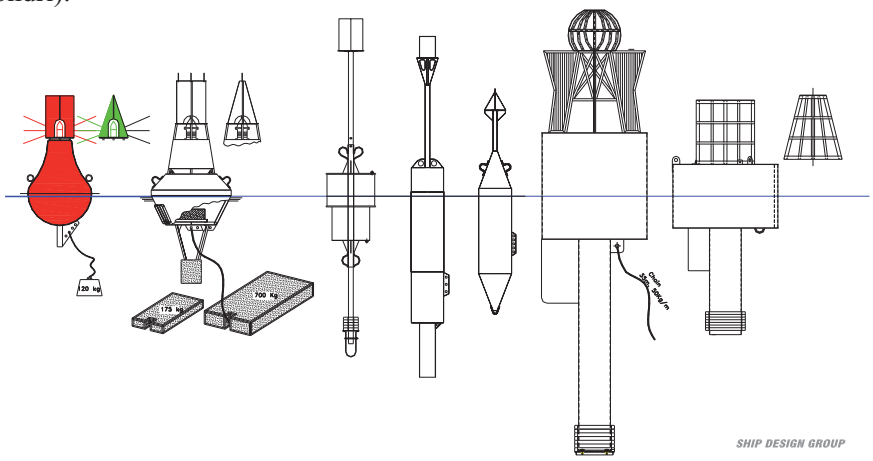


Fig. 4.9 – Diferite tipuri de geamanduri şi scondri, cu destinaţie fluvială şi maritimă

Geamandurile şi scondrii (fig. 4.9) sunt plutitori ancoraţi care marchează limitele şenalului navigabil. Ele sunt compuse din:

- flotor cu rolul de a susţine ansamblul în plutire
- coloana de susţinere

- contragreutatea cu rolul de a menține poziția verticală şi stabilitatea nerăsturnabilă
- suprastructura
- reflectorul radar, lumina, emițătorul radio şi alte echipamente de semnalizare şi comunicații
- cablul (lanțul) de ancorare
- ancora, de regulă bloc de beton armat

Geamandurile şi scondrii trebuie să aibă vizibilitate suficientă, sa fie nerăsturnabile, să-şi mențină poziția cât mai vertical în curent, iar construcția lor să fie suficient de robustă pentru a rezista la impactul cu navele şi cu sloiurile de gheață. Dimensiunile (înălțimea de la apă), forma şi gradul minim de vizibilitate radar al reflectorului radar, luminile, culorile sunt reglementate de convenții internationale şi regulamente locale de navigație.

Pentru amplasarea, mentenanța şi manevra mijloacelor de semnalizare se utilizează o clasă specială de nave tehnice, navele de manevră şi mentenanță a mijlocelor de semnalizare.

Aceste nave îndeplinesc câteva cerințe şi anume:

- să fie dotate cu mijloace de ridicat cu caracteristici (SWL, deschidere) suficiente pentru manevra geamandurilor şi a ancorelor
- să dispună de spațiu suficient pe punte pentru depozitare şi manevră
- puntea să fie construcție întărită şi de preferință protejată cu pat de lemn
- să dispună de un sistem de poziționare în curent pe locația de lansare / recuperare. Această poziționare se poate realiza cu ancore prova-pupa, cu piloni culisanți şi mai rar cu sistem de poziționare dinamică
- să fie suficient de stabile pentru a îndeplini cerințele de stabilitate pentru nave dotate cu mijloace de ridicat; în acest sens, în GL există prevederi specifice pentru cazurile în care macaraua de bord este folosită pe mare, curba de stabilitate trebuie calculată pe vârf de val. Lungimea valului este egală cu lungimea navei iar înălțimea valului este L/20.
- să aibă manevrabilitate foarte bună; dotarea cu bow-thruster este aproape indispensabilă
- să fie dotată cu sisteme sonar şi investigare a adâncimii, topografiei şi naturii fundului
- să aibă pescaj mic şi prova rezistentă la eşuare pentru a se putea apropia suficient de mal pentru instalarea şi mentenanța semnalelor amplasate pe mal

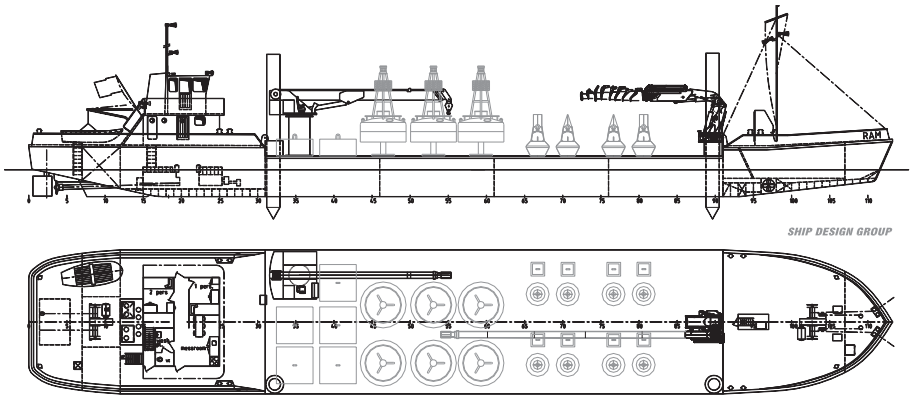


Fig. 4.10 – Nava semi-maritimă pentru manevra mijloacelor de semnalizare; dotare cu două macarale şi sistem de poziționare cu piloni culisanți

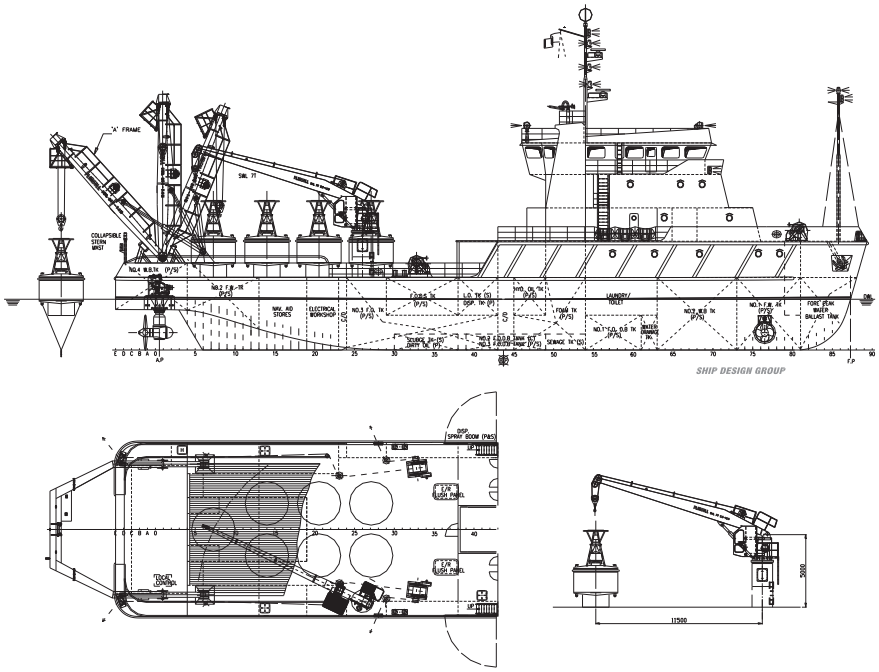


Fig. 4.10a – Nava semi-maritimă pentru manevra mijloacelor de semnalizare; dotare cu macara, A-frame şi sistem de poziționare dinamică

Nave far

În zonele costiere unde este necesară semnalizarea unor rute maritime sau obstacole subacvatice (stânci, epave, recifuri, etc.) şi unde nu se pot amplasa faruri fixe, se utilizează navele far.
Utilizarea acestora este din ce în ce mai restrânsă datorită costurilor de operare, navele far fiind înlocuite treptat cu geamanduri far automate.
Caracteristicile principale ale unei nave far sunt:

- catargul care susține farul
- sistemul de ancorare care trebuie să mențină nava pe poziție şi să preia variațiile de nivel induse de maree şi să prevină deraparea ancorei în condiții de vânt şi curent puternic; frecvent utilizate sunt ancorele de tip ciupercă
- stabilitatea şi comportarea la oscilațiile navei ținând cont, ca în condiții de furtună, nava nu se poate deplasa, dar pe de altă parte mişcările de mare amplitudine pot deranja vizibilitatea farului; pentru a compensa mişcările severe de ruliu, navele far sunt dotate cu sisteme de amortizare a ruliului

Fig. 4.11 – Nava far

4.7 Nave hidrografice

Navele hidrografice sunt destinate cercetării apei şi fundului în zona oceanică sau ape interioare.
Funcțiile principale ale navelor de măsurători hidrografice sunt:

- scanarea fundului
- investigarea subsolului marin
- topografia şi caracteristicile malurilor
- măsurători pe banchiză
- analiza aluviunilor şi depunerilor
- analiza caracteristicilor apei
- măsurători asupra curenților marini
- cercetarea faunei marine
- observații meteorologice
- investigarea activității seismice şi vulcanice, etc.

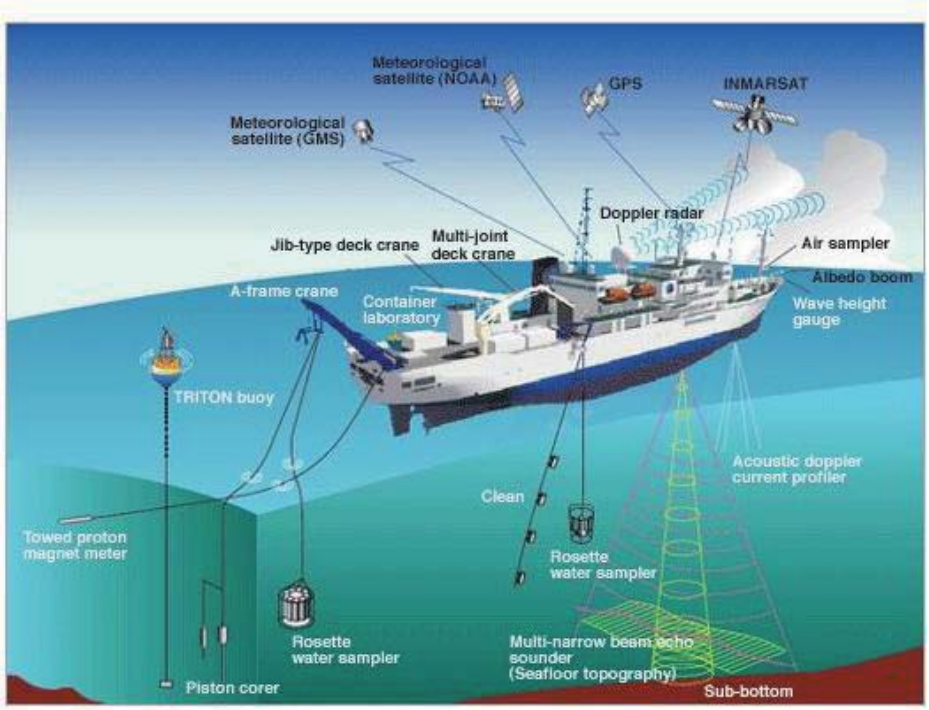


Fig. 4.12 – Nava hidrografică, dotări specifice

Dotările aferente îndeplinirii funcțiilor de mai sus constau în aparatură, echipamente şi spații specializate (fig. 4.12). Aceste dotări pot să fie mai reduse sau mai extinse în funcție de specializarea navei şi de obiectivul urmărit.

Există câteva tipuri principale de nave hidrografice.

- nave de cercetare militară care investighează prezența sub apă a diferitelor tipuri de pericole militare – mine, submarine, explozibili, scafandri inamici, etc. Sunt în general nave de viteză iar construcția lor se supune standardelor militare
- nave de cercetare civilă destinate în special întocmirii hărților de navigație, a geografiei şi structurii fundului, curenți marini, anomalii magnetice, etc.
- nave de cercetare a câmpurilor petrolifere şi de gaze specializate în analiza solului şi subsolului marin în scopul detectării rezervelor de petrol şi gaze
- nave de cercetare biologică specializate în investigarea faunei şi florei marine
- nave de cercetare oceanografică specializate în studiul caracteristicilor apei, aerului, curenților, valurilor, gheții, etc.

De cele mai multe ori nu există o demarcare clară între tipurile de nave hidrografice, combinația funcțiilor pentru care este destinată nava fiind specificată de armator în funcție de destinația navei şi domeniul de cercetare ales.

Lăsând la o parte aparatura şi echipamentele specifice îndeplinirii funcțiilor de cercetare şi analizând numai din punct de vedere al navei propriu-zise se pot enumera câteva caracteristici constructive şi dotări specifice navelor hidrografice:

- în funcție de zona de navigație navele vor fi construite pentru navigația maritimă – costier, zone nelimitate, zona polară - sau pentru ape interioare.
- în general sunt nave de dimensiuni mici şi medii cu lungimi de la 15 la 60 m, în unele cazuri nave complexe de peste 100 m
- viteza este moderată, 10-16 noduri
- sunt dotate cu instalații de lansare / recuperare şi manevră a echipamentelor de cercetare – macara, A-frame, vinciuri, braț transversal telescopic, etc.
- în situația când nava este destinată a opera în zona arctică, construcția navei poate conține elemente de spărgător de gheață
- în unele cazuri nava este dotată cu sisteme de poziționare dinamică
- au spațiu liber de lucru pe punte
- au pe punte spațiu necesar, sisteme de prindere şi de alimentare a containerelor cu echipament specializat (aparatura de cercetare, aparatura de scufundări, ROV, etc.)
- puterea electrică instalată este suficientă pentru alimentarea tuturor consumatorilor suplimentari aferenți aparaturii de cercetare

- posedă spații suficiente pentru cazarea cercetătorilor, laboratoare, spații de depozitare, ateliere de întreținere, etc.
- volumul de rezerve este dimensionat pentru autonomia mărită şi numărul mare de persoane ambarcate
- pot fi dotate cu sisteme pasive şi active de amortizare a ruliului

Din punct de vedere al Regulilor aceste nave se încadrează în categoria "Special Purpose Ship" respectiv nave care transportă mai mult de 12 persoane peste numărul de echipaj, dar aceste persoane nu sunt considerate pasageri, ci personal de specialitate care posedă abilitățile fizice şi instruirea necesară pentru a face față situațiilor deosebite.
Regula de referință: IMO A534(13) Code of Safety for Special Purpose Ships.

4.8 Nave de deplouare

4.8.1 Necesitate

Activitatea umană în zona țărmurilor şi transportul naval conduc invariabil la poluarea apelor şi a țărmurilor prin evacuarea apelor uzate şi deşeurilor de la oraşe şi unități industriale riverane, pierderi cu caracter operațional sau accidental survenite în procesul de exploatare a navelor, evacuări necontrolate ale reziduurilor de către navele în trafic sau staționare, accidente soldate cu scurgeri de agenți poluanți.
Agenții poluanți se împart în patru categorii majore:

- hidrocarburi sau ape contaminate cu hidrocarburi
- substanțe toxice sau ape contaminate cu substanțe toxice
- ape uzate (ape menajere)
- gunoi solid

Acțiunea de depoluare poate fi desfăşurată în două direcții:

- preventiv prin colectarea reziduurilor înainte ca acestea să fie deversate şi tratarea lor sau stocarea în zone special amenajate
- post-factum prin colectarea sau tratarea reziduurilor după ce acestea au fost deversate în mediul înconjurător

Legislația internațională pune un accent din ce în ce mai mare asupra măsurilor de prevenire şi combatere a poluării prin:

- măsuri pasive privind obligațiile de prevenire a poluării – interzicerea deversării oricăror reziduuri, obligativitatea predării reziduurilor în locații specializate, măsuri constructive obligatorii pentru nave şi instalații riverane care să reducă riscul de poluare operațională sau accidentală, etc
- măsuri active prin:

  - obligativitatea înființării unui număr suficient de puncte de colectare şi tratare a deşeurilor
  - dotării cu echipamente specializate de combatere a poluarii
- măsuri punitive prin introducerea unor pedepse deosebit de severe în cazul poluării

Rezultă astfel următoarele categorii de funcții pe care trebuie să le îndeplinească navele de depoluare:
- colectarea de la alte nave sau unități riverane
- colectarea reziduurilor de hidrocarburi de la suprafața apei
- neutralizarea reziduurilor toxice sau de hidrocarburi aflate în apă
- colectarea deşeurilor solide de la suprafața apei
- spălarea cheurilor, navelor, echipamentelor portuare
- sortarea şi tratarea reziduurilor

Navele de depoluare se împart în două categorii:
- Nave specializate; au avantajul ca performanțele ce se obțin în cazul intervențiilor sunt de maximă eficiență iar amenajările şi dotările sunt legate strict de obiectul de activitate al acesteia
- Nave multifuncționale care utilizează sisteme de depoluare independente ce pot fi instalate şi utilizate în caz de nevoie de pe orice tip de navă tehnică; au avantajul ca în perioadele de neutilizare pentru acțiuni de depoluare, nava poate fi folosită pentru alte scopuri

4.8.2 Tehnologii şi echipamente de depoluare

Colectarea deşeurilor de la alte nave sau unități riverane

Deşeurile colectate de la nave sunt următoarele:
- deşeuri lichide
  - ape sanitare (sewage)
  - lichide petroliere uzate (slugde, dirty oil) şi ape contaminate cu produse petroliere (bilge)
- deşeuri solide
  - deşeuri menajere
  - resturi metalice
  - deşeuri toxice (baterii, cutii cu vopsea, cârpe murdare, resturi medicale, etc)

Pentru transferul deşeurilor lichide, nava de depoluare este dotată cu instalații de transfer deşeuri lichide, formate din tanc de colectare, pompa de transfer, tubulatura, valvule, flanşe de cuplare, furtune. Pentru fiecare din cele două

tipuri de lichide – contaminate sau nu cu produse petroliere – se utilizeaza instalații separate. Flanşele de cuplare sunt standard, aşa-numitele flanşe MARPOL. Dimensiunile flanşelor de cuplare sunt în funcție de tipul lichidului manevrat şi independente de diametrul tubulaturii (fig. 4.13)

TYPE	Diameter (mm)	Thickness (mm)	Bolt circle diam. (mm)	Bolt hole diam. (mm)	No.of bolts
DIRTY OIL	215	20	183	22	6
FUEL OIL	220	20	145	22	8
FIRE	178	15	132	19	4
SANITARY	210	16	170	18	4

Fig. 4.13 – Flanşe MARPOL

Pentru transferul deşeurilor solide nava de depoluare este dotată cu macara de bord şi containere de deşeuri solide. Macaraua de bord este universală fiind folosită şi pentru alte scopuri. Containerele sunt de regulă tipizate. În cazul în care deşeurile solide se preiau gata sortate, se utilizează containere specializate. În caz contrar, sortarea se va efectua la mal sau la nava bază.

Colectarea reziduurilor de hidrocarburi de la suprafața apei

Pentru colectarea reziduurilor petroliere de la suprafața apei trebuie efectuate următoarele acțiuni:

- izolarea şi concentrarea petei de poluant
- extragerea amestecului apă - poluant
- separarea amestecului şi depozitarea concentratului

Pentru aceste acțiuni se utilizează câteva tehnologii:

Prebaraje dinamice (fig. 4.17)
Sub forma a două "aripi" amplasate în prova navei la nivelul apei, aceste prebaraje adună pelicula de hidrocarburi într-un strat suficient de gros pentru a permite o recuperare efectivă. Prebarajul liniştește turbulențele care se produc în fața unității de recuperare şi accelerează stratul de petrol către punctul de intrare. Partea superioara a acestui baraj poate fi coborâtă şi ridicată hidraulic sau electric şi de asemenea poate urmări mişcarea valurilor. Aceasta permite reglarea grosimii şi a debitului stratului ce trece în camera de recuperare.

Fig. 4.14 – Nave dotate cu prebaraje dinamice

Petrolul este recuperat prin mai multe metode:
- un baraj glisant a cărui înălțime poate fi reglată, peste care trece petrolul şi o anumită proporție de apă spre camera de colectare.
- un plan înclinat prevăzut cu bandă transportoare care antrenează petrolul spre zona de colectare
- pompa de aspirație amplasată la capătul zonei de concentrare

Din camera de colectare, amestecul concentrat de apă şi petrol este, fie transferat în tancurile de stocare pentru procesare ulterioara, fie este trecut prin separatoare, apa este deversată iar reziduurile petroliere sunt stocate în tancuri.

Bariere flotante (fig. 4.15, 4.16)
Sistemul are trei componente principale:
- bariera flotantă cu rol de izolare şi concentrare a petei de poluant
- skimmerul cu rol de pre-separare şi extragere a amestecului poluant
- tancul de colectare a amestecului apă-agent poluant

Bariera flotantă este stocată la bordul navei pe tamburi şi desfăşurată de nava specializată pentru încercuirea zonei poluate. Bariera poate fi din elemente rigide articulate (umplute cu spumă) sau gonflabilă cu compresor pe măsura desfăşurarii.

Skimmerele (fig. 4.16)

Acestea sunt separatoare apă-produs petrolier de mici dimensiuni, flotabile. Acestea se amplasează în pata de petrol cu ajutorul macaralei de bord. Pentru o mai mare mobilitate skimmerele pot fi prevăzute cu sisteme de propulsie proprii comandate de la distanță. Skimmerele sunt prevăzute cu mai multe guri de absorție, având sisteme de ridicare şi coborâre (variație a pescajului) funcție de grosimea stratului de petrol sau de mărimea valurilor. Acționările sunt hidraulice alimentate de la o pompă hidraulică printr-un furtun hidraulic amplasat pe brațul macaralei. Un alt furtun asigură transferul lichidului recuperat spre tancul de stocaj.

Tancul de colectare poate fi amplasat fie la bordul navei de colectare fie ca un tanc plutitor extern, această ultimă soluție permițând stocarea unor cantități mari de reziduuri fără a fi necesară întreruperea procesului pentru deplasarea navei de colectare la mal în vederea golirii tancurilor.

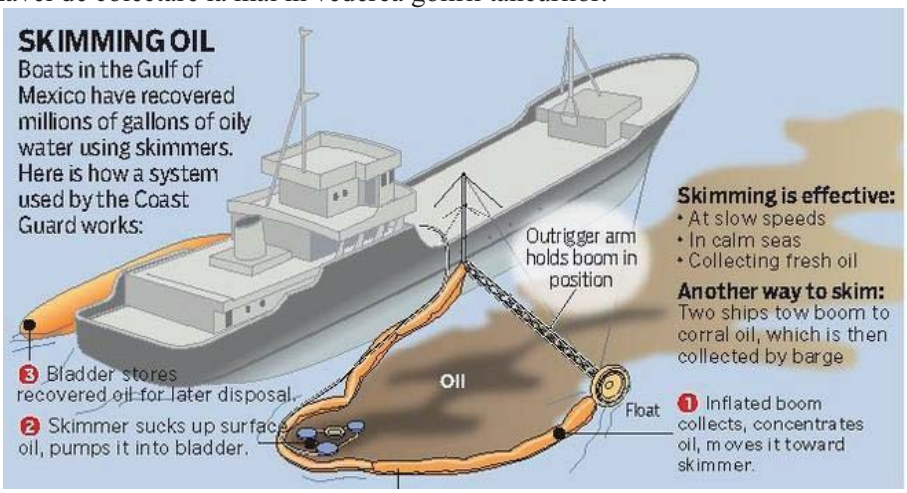


Fig. 4.15 – Principiul de lucru cu bariera flotabilă şi skimmer

Fig. 4.16 – Bariera flotabilă (st) şi skimmere (dr)

Neutralizarea reziduurilor toxice sau de hidrocarburi aflate în apă

După colectarea mecanică a agentului poluant, pentru îndepărtarea peliculei de produs petrolier remanentă la suprafața apei se utilizează tehnologia cu dispersanți.

Dispersanții sunt substanțe chimice care reacționează cu produsul petrolier rezultând un compus neutru. Se utilizează două tipuri de substanțe absorbante:

- sedimentabile, care după îmbibare se depun pe fundul bazinului
- flotabile, care plutesc pe suprafața apei şi după îmbibare şi pot fi recuperate ulterior

Există în principiu trei tipuri de agenti disperanți:

- tipul 1, bazat pe solvenți cu o concentrație de 15-25% agent activ; sunt efective dacă se asigură un raport dispersant - poluant de 1:1 până la 1:3
- tipul 2, bazat pe oxidanți, eficienți până la un raport de diluție de 1:10
- tipul 3, un concentrat al dispersantului de tip 2, eficient până la un raport de diluție de 1:30

Dispersantul se împrăştie fie aerian fie de către nave specializate sau nave multifuncționale dotate cu instalație de împrăştiere a dispersanților.

Fig. 4.17 – Nava de împrăştiat dispersanți (st) şi braț cu duze de împrăştiere (dr)

Instalația de împrăştiere a dispersanților se compune din rezervor de dispersant, dozator, pompă, furtune şi braț cu duze de dispersie.

Colectarea deşeurilor solide de la suprafața apei

Pentru colectarea deşeurilor solide plutitoare se pot folosi fie nave specializate fie nave multifuncționale cu dotări specifice.

Navele specializate sunt de regulă nave catamaran care între corpuri sunt prevăzute cu o bandă transportoare înclinată, parțial imersată şi care antrenează deşeurile plutitoare într-un container de colectare (fig 4.18).

Avantajul acestei soluții îl reprezintă productivitatea mare. Dezavantajul constă în specializarea navei, aceasta neputând fi utilizată în alte scopuri.

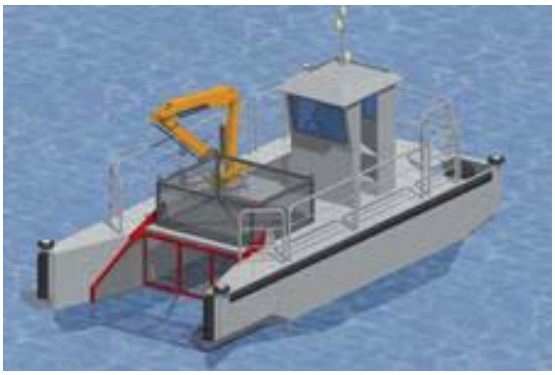


Fig. 4.18 – Nava de colectare reziduuri solide de la suprafața apei

O altă modalitate de colectare a gunoaielor plutitoare o constituie utilizarea unei macarale de bord dotate cu un graifăr de gunoi şi container de colectare. Sistemul se poate instala pe orice navă dotată cu macara de bord.

Spălarea cheurilor, navelor, echipamentelor portuare

Sistemul de spălare a cheurilor şi echipamentelor constă în următoarele componente:

- generator de apă fierbinte unde se realizează încălzirea apei până la 70 - 75°C la un debit de iarnă de 1-5 m³/h.
- tun de apă fierbinte care pulverizează apa pe zonele ce urmează a fi spălate

În cazul zonelor puternic infestate (ţărmuri în urma poluării majore) se pot utiliza elemente adiacente:

- baraj de izolare a zonei
- braț prevăzut cu perie rotativă pentru curățat diguri, cheuri sau nave
- skimmer pentru colectarea reziduurilor

Sortarea şi tratarea reziduurilor

După colectarea reziduurilor de la nave, de la suprafața apei sau de la țărm, aceste reziduuri pot fi predate la uzinele de tratare de la mal sau la nave specializate în tratarea reziduurilor. Pentru particularitățile unei astfel de nave, vezi 4.8.3. - Nava de colectare şi tratare a reziduurilor.

4.8.3 Nave specializate în acțiuni de depoluare

O caracteristică particulară a navelor angajate în acțiuni de depoluare este ca aceste nave sunt încadrate în categoria de nave de transport mărfuri periculoase, dacă ele sunt prevăzute a colecta, stoca şi / sau procesa substanțe încadrate în lista substanțelor periculoase. Dintre acestea se pot aminti:

- produse petroliere uzate – scurgeri de combustibil, ulei uzat

- ape contaminate cu produse petroliere – apa de santină, ape contaminate recuperate de la suprafața apei, etc.
- reziduuri solide toxice – baterii, cutii cu vopsea, elemente radioactive, reziduuri medicale, etc.

Încadrarea navelor în această categorie a navelor de transport mărfuri periculoase conduce la respectarea unor reguli stricte de construcție şi exploatare a navelor. Se pot enumera astfel cerințe specifice pe care nava trebuie să le respecte, cum ar fi:

- cerințe de compartimentare prin izolarea zonelor de risc cu coferdamuri, necesitatea prevederii de dublu fund şi / sau dublu bord în zonele de risc, etc.
- cerințe de stabilitate de avarie
- cerințe de dotare cu sisteme de detecție gaze, stins incendiu, etc.

Majoritatea Societăților de Clasificare au notații de clasă – şi implicit cerințe constructive - specifice pentru astfel de nave. Dintre aceste notații de clasă se pot aminti "Oil recovery ship", "Bilgesboat", "Oil spill assistance vessel", etc.

Nave de colectare şi tratare a reziduurilor

La navă se colectează:

- reziduuri petroliere sub forma de apă de santină (bilge), scurgeri de combustibil (sludge) şi ulei uzat (dirty oil)
- ape menajere uzate sub forma de ape gri (ape menajere) şi ape negre (fecaloide)
- gunoi solid

Preluarea reziduurilor petroliere şi a apelor menajere de la alte nave se face prin racorduri de punte prevăzute cu flanşe internaționale de la care reziduurile petroliere sunt dirijate într-un tanc de colectare, iar apele menajere într-un tanc separat. Preluarea reziduurilor se face cu pompele şi cu furtunele din dotarea navei specializate sau a navelor de la care acestea se preiau. Predarea la mal a acestor reziduuri se face cu pompele navei şi cu furtunele din dotarea malului. Pentru predarea reziduurilor petroliere se foloseşte o pompă cu şurub iar pentru apele menajere o pompă centrifugă.

Gunoiul solid se colectează în saci sau containere prin transferul de la nava sursă la nava colectoare cu ajutorul macaralelor.

Aceste nave sunt construcții simple, de regulă tip barjă. Ele pot fi propulsate sau nu, şi dotate sau nu cu spații pentru echipaj. Ele pot îndeplini strict funcția de navă de colectoare sau funcții extinse cum ar fi tratarea reziduurilor colectate, nava bază pentru flotila de nave de depoluare sau chiar navă de intervenție în caz de poluare accidentală.

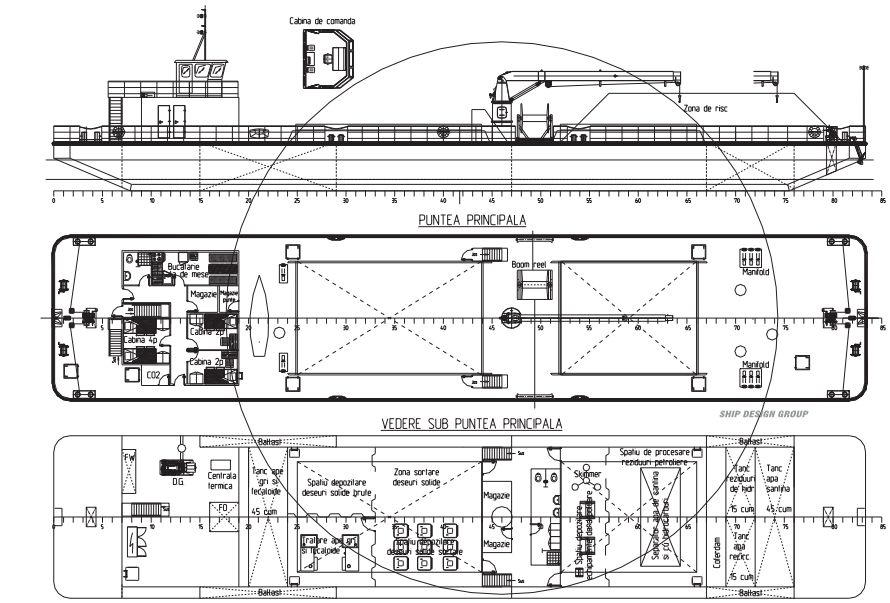


Fig. 4.19 – Nava bază de colectare şi procesare a reziduurilor preluate de la nave

După colectare, reziduurile pot fi stocate şi ulterior predate la staţii de procesare de la mal sau pot fi tratate primar la bordul navei colectoare. În acest ultim caz, nava colectoare va fi dotată cu:

a) Sistem de colectare şi tratare reziduuri petroliere
   - Tanc de recepţie reziduuri petroliere
   - Tanc reziduuri petroliere separate
   - Tanc apă recirculată
   - Pompe de transfer
   - Echipament pentru separarea apelor infestate cu produse de hidrocarburi; acest separator extrage din apa infestată componenta de hidrocarburi care se depozitează în tancul de reziduuri petroliere separate (de unde se va preda la mal); apa separată este analizată şi dacă îndeplineşte cerinţa de puritate (de regulă sub 2-5 ppm hidrocarburi) este deversată peste bord; dacă nu, este transferată în tancul de apă recirculată de unde va trece din nou prin procesul de separare.

b) Sistem de colectare şi tratare ape menajere
   - Tanc de recepție ape uzate
   - Echipamente cu clorinare pentru tratarea apelor gri şi fecaloide preluate de la nave.

c) Sistem de colectare şi tratare gunoi solid
   - Spațiu de depozitare pentru deşeuri solide nesortate preluate de la nave
   - Utilaj de sortare şi compactare gunoi solid
   - Containere pentru depozitarea deşeurilor solide sortate. Uzual, sortarea gunoiului se face pe următoarele categorii: gunoi menajer, baterii, filtre, plastic, sticlă, hârtie, ambalaje metalice contaminate, şpan.
   - Utilaje de ridicat şi manevră

Nave de intervenție în caz de poluare

Navele de intervenție în caz de poluare sunt nave în general de mici dimensiuni, autopropulsate destinate deplasării în zonele de intervenție şi desfăşurării acțiunilor curente de depoluare (colectare deşeuri de la navele în exploatare, curățarea suprafeței apei de gunoaie, curățare maluri) sau a intervențiilor în cazuri de poluare accidentală (recuperare produse petroliere de la suprafață, împrăştiere dispersanți).

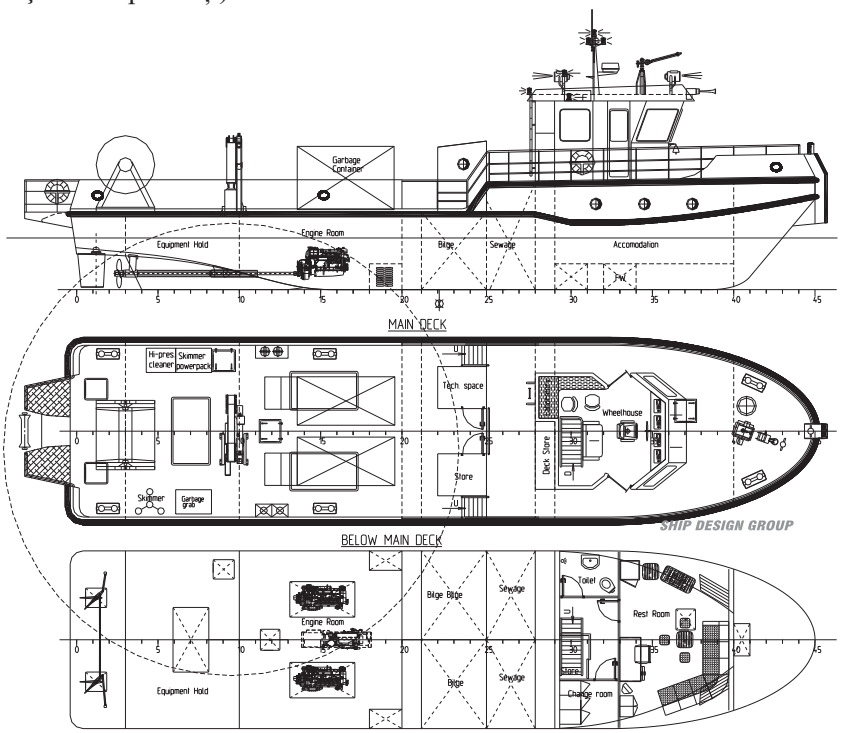


Fig. 4.20 – Nava de intervenție în caz de poluare

Astfel de nave, pe lângă dotările obişnuite ale unei nave sunt dotate cu echipamente specifice de combatere a poluării:
- Tancuri stocaj ape sanitare, ape de santină, petroliere uzate
- Echipament de curățare cu presiune mare pentru cheuri şi pereuri;
- Facilități de preluare a apei de santină şi de preluare a apei sanitare
- Baraj pentru limitarea ariei poluate cu tambur acționat hidraulic şi compresor, pompă skimmer cu tambur şi grup generator propriu
- Macara telescopică sau pliabilă, sistem de colectare deşeuri solide de la suprafața apei, containere pentru depozitarea deşeurilor
- Laborator pentru analize eşantioane apă

4.9 Spărgătoare de gheață

Spărgătorul de gheață este o navă special concepută şi construită pentru a naviga pe ape acoperite cu gheață compactă. Conform IACS, spărgătorul de gheață este o navă la care:
- profilul operațional include funcții de escortă şi management a gheții
- puterea şi dimensiunile sunt suficiente încât să permită o abordare agresivă a gheții
- s-a atribuit un certificat de clasă care conține notația "icebreaker"

Se va face distincția între:
- Spărgătoare de gheață propriu-zise conform definiției de mai sus
- Nave cu capabilități de spărgător de gheață - nave destinate altor scopuri dar care împrumută de la spărgătoarele de gheață unele caracteristici care le fac capabile pentru navigația (în anumite condiții limitate) şi pe ape acoperite cu gheață compactă
- Nave pentru navigația prin gheață – nave destinate navigației prin gheața subțire sau gheața spartă, inclusiv în urma spărgătorului de gheață. Aceste nave se caracterizează prin întăriturii structurale suplimentare, sistem de răcire al motoarelor special proiectat, protecții suplimentare ale elicei şi cârmei, pereți transversali suplimentari, aranjament special al tancurilor de balast şi combustibil, etc.

Necesitate

Pe măsura dezvoltării transportului naval, a extinderii spre nord a zonelor de interes şi în special datorită exploatărilor de petrol, gaze şi minereuri rare din zona arctică, navigația pe rute înghețate în sezonul de iarnă şi navigația în zonele arctice trebuie să se poată desfăşura pe toată perioada anului. În acelaşi timp trebuie menționată şi dezvoltarea turismului arctic. Semnificative în acest sens sunt zonele:
- Zona arctică din Alaska, Siberia , Canada, Oceanul Atlantic

- Marea Baltică
- Marea Caspică
- Fluvii, în principal înSiberia şi Europa de Est

Fig. 4.21 – Spărgătorul de gheață nuclear Rossiya, 75 000 CP

Istoric, au existat tentative de a construi nave de marfă care să poată naviga fără suportul unui spărgător, dar rezultatele au fost slabe, uneori dezastruoase.
Ulterior s-a constatat că soluția optimă o constituie navigația în sistemul spărgător-navă (convoi) în care spărgătorul deschide canalul de navigație prin gheață şi este urmat de nava (convoiul de nave) de transport, nave construite special pentru navigația prin gheața spartă.
În ultima perioadă, atât prin efortul de cercetare cât şi prin apariția de materiale şi echipamente rezistente la gheață, au apărut nave de marfă destinate navigației în zonele arctice (în special bazate pe conceptul Double Acting Ship). Aceste nave sunt fie cu clasa de spărgător de gheață, fie cu capabilități de spărgător de gheață şi pot naviga în majoritatea condițiilor fără asistența unui spărgător.

Caracteristicile gheții
La încadrarea spărgătoarelor în anumite categorii precum şi la proiectarea lor trebuie să se țină cont de zonele de acțiune şi implicit de caracteristicile gheții în care nava va opera. Gheața este caracterizată de gradul de agregare, tipul de cristale, grosime, dimensiunea sloiurilor, duritate, culoare, vechime, etc. Pentru e evita confuziile, în orice referire la anumite tipuri de gheață, se vor utiliza termenii explicitați în "WMO Sea Ice Nomenclature". Deoarece aceşti termeni sunt foarte specifici, în acest material s-a renunțat la adaptarea lor în limba română.

Clasificare şi Reguli

Spărgătoarele de gheață se clasifică după:

- zona de navigație
  - arctice
  - maritime în alte zone decât arctice
  - costiere
  - pentru ape interioare
- destinația
  - spargătoare de deschidere al căror rol este de a crea canalele de navigație prin gheață
  - spărgătoare de escortă al căror rol este de a însoți nava (convoiul) la navigația prin gheață şi de a asigura lărgirea canalului, deblocarea, remorcarea, etc. a navei escortate.
- încadrarea în Reguli; în general, ca o navă sa fie încadrată ca spărgător de gheață trebuie să îndeplinească două condiții:
  - să respecte cerințele de construcție ale unei nave destinate navigației prin gheață şi să primească notația adițională de clasă corespunzătoare
  - să respecte cerințele specifice de putere instalată şi să primească notația de serviciu "icebreaker"

Clasificarea navelor cu capabilități de navigație în gheață diferă la diferite Autorități şi Societăți de Clasificare. Cele mai semnificative notații de clasă sunt date de:

- Finnish-Swedish (Baltic) Ice Class Rules
- Canadian Arctic Ice Regime Shipping System
- Russian Register Class
- IACS

şi sunt preluate în diferite forme de Societățile de Clasificare.

Încadrarea într-o anumită categorie este dată de condițiile de navigație, sezonul şi în special caracteristicile gheții pentru care nava este aptă să opereze.

Clasificarea propusă de IMO (şi preluată de majoritatea Societăților de Clasificare) introduce noțiunea de Polar Class cu 7 categorii: Polar Class Ice Description (based on WMO Sea Ice Nomenclature)

PC 1 Year-round operation in all Polar waters

PC 2 Year-round operation in moderate multi-year ice conditions

PC 3 Year-round operation in second-year ice which may include multiyear ice inclusions.

PC 4 Year-round operation in thick first-year ice which may include old ice inclusions

PC 5 Year-round operation in medium first-year ice which may include old ice inclusions

PC 6 Summer/autumn operation in medium first-year ice which may include old ice inclusions

PC 7 Summer/autumn operation in thin first-year ice which may include old ice inclusions

Conform clasificării Baltice, navele cu clasa de gheață încep de la cea mai slaba I C până la cea mai înaltă I A Super.

Clasificarea propusă de Russian Register of Shipping conține clasele de gheață UL, ULA, L1..4, LU 1..9 precum şi 9 categorii de spargătoare de gheață LL1..9. Echivalența între principalele clase de nave pentru navigația în gheață este dată mai jos.

Baltic Class	Canadian Class	Russian Class	Polar Class
IA Super	Type A	UL	PC6
IA	Type B	L1	PC7

Se observă că cele mai înalte clase de gheață după Finnish-Swedish (Baltic) Ice Class Rules corespund cu cele mai joase clase Polar şi sunt în afara categoriei de spărgător de gheață conform Russian Register Class.

Suplimentar față de clasa de gheață conformă cu notația acordată de diferitele autorități, pentru ca o navă să fie spărgător de gheață, aceasta trebuie să aibă şi notația de serviciu specifică. În general atribuirea acestei notații de serviciu este legată de îndeplinirea cerinței de putere minimă instalată. Mai jos ex. din BV

Service Notation	Minimum engine output (kW)
ICEBREAKER 1	44000
ICEBREAKER 2	22000
ICEBREAKER 3	11000
ICEBREAKER 4	6000
ICEBREAKER 5 to 7	No minimum engine output

Din punct de vedere al Regulilor, proiectarea şi construcția se supune:

- Rezoluția IMO MSC 1056
- IACS-UR – Requirements concerning POLAR CLASS
- Regulile unei Societăți de Clasificare (dacă are reguli specifice spărgătoarelor de gheață),
- Regulile regionale ex: Canada - TP 12260 Equivalent standards for the construction of arctic class ships.

Aspecte specifice privind spărgătoarele de gheață

În operarea în ghețuri, principalele probleme care pot să apară sunt:

- imposibilitatea spargerii gheții sau blocarea în gheață
- suprasolicitarea structurii navei
- avaria propulsoarelor şi cârmelor

- depunerea de gheață (vânt + valuri + frig)
- înghețarea sistemelor cu apă (răcire, incendiu, scurgeri)
- salvarea şi evacuarea personalului pe gheață
- stresul şi oboseala echipajului

Pentru a răspunde acestui tip de probleme, la proiectarea şi construcția spărgătoarelor de gheață şi a navelor destinate să navige în gheață se aplică soluții specifice privind:

- Forma
- Structura
- Dotările

Procesul de spargere a gheții poate fi:

- continuu, când nava are o mişcare de înaintare uniformă prin gheață
- prin strivire cand nava "se urcă" pe stratul de gheață
- în forță prin lovirea repetată a gheții (ramming)
- prin măcinare când stratul de gheață este abordat şi măcinat cu propulsoarele
- de jos în sus cu ajutorul thrusterelor prin dirijarea jetului de apă sub gheață

Forma

Forma unei nave destinate spargerii gheții trebuie să țină cont de următoarele cerințe (fig. 4.22):

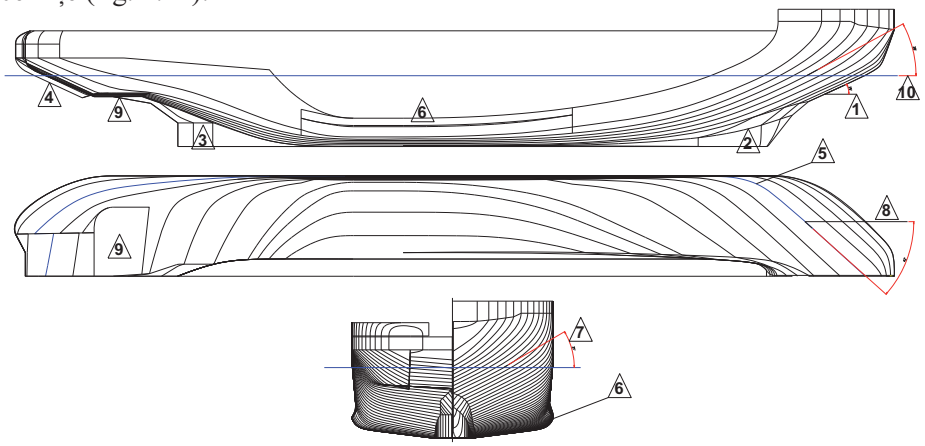


Fig. 4.22 – Forma specifică de spărgător de gheață

- să spargă un strat de gheață cât mai gros cu un efort cât mai mic (1),(2),(8),(10)
- să devieze sloiurile rezultate astfel încât acestea să nu blocheze canalul creat (3),(5),(6),(7)
- să asigure bune caracteristici manevriere în gheață (1),(4),(7)

- să nu aglomereze gheața în zona propulsoarelor şi a cârmelor (3),(9),(6)
- să aibă o bună comportare la marş înapoi (4),(3)

(1) unghiul etravei (bow angle) – facilitează urcarea pe gheață în vederea spargerii prin gravitație; uzual 15° - 25°
(2) pinten prova – blochează urcarea integrală pe gheață a navei; permite abordarea în forță a aglomerărilor de gheață
(3) pinten pupa – similar cu (2) la pupa
(4) unghiul etamboului (stern angle) – permite spargerea gheții la marş înapoi
(5) umăr – produce un canal de gheață spartă mai lat decât lățimea navei
(6) gurna în relief – împiedică aglomerarea sloiurilor la nivelul liniei de plutire şi canalizarea lor spre propulsor, facilitează deblocarea navei prin mişcări de ruliu provocat.
(7) unghiul coastelor (flare angle) – sparge gheața în timpul manevrei de întoarcere
(8) unghiul plutirii (waterline angle) – dirijează gheața spre exteriorul canalului
(9) zona propulsoarelor – evită aglomerarea gheții şi favorizează devierea ei spre exterior
(10) unghiul longitudinalelor (buttock angle) – facilitează spargerea gheții pe toată lățimea navei

O categorie specială o constituie conceptul de formă Double Acting Ship (fig 4.23).

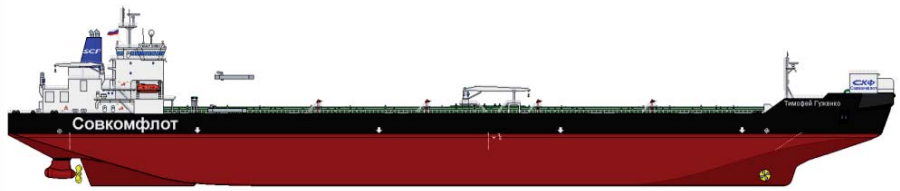


Fig. 4.23 – Petrolierul spărgător de gheața Timofey Guzhenko, forma Double Acting Ship

Acest tip de navă este conceput pentru navigația cu prova în apa liberă sau în condiții de gheață moderată. În situația în care nava întâlneşte aglomerări sau blocaje de gheață ce nu pot fi sparte cu prova, nava întoarce şi abordeaza respectivul blocaj cu pupa. Pentru această manevră, în zona pupa nava are câteva particularități:

- utilizarea elicelor ca tocător de gheață; pentru aceasta sistemul de propulsie este de tip azipod, iar dimensionarea elementelor şi materialele utilizate permit o astfel de manevră

- forma pupa permite urcarea navei pe gheață şi facilitează accesul gheții la elice în vederea măcinarii
- nava nu este prevazută cu cârme (sau alți apendici), guvernarea se face cu sistemul azipod

Este de remarcat că la spargerea gheții cu pupa se reduce rezistența la înaintare datorată gheții cu 40-50% în principal datorită efectului de lubrefiere dat de apa antrenată de elice de-a lungul corpului.

Dezavantajele formei de tip spărgător de gheața sunt:

- Rezistența la înaintare a navei în apa liberă este un factor secundar şi este sacrificat în favoarea obiectivului prioritar de spargere a gheții. O formă eficientă ca spargător poate să aibă o rezistență la înaintare cu 30-40% mai mare decat o o navă cu aceleaşi caracteristici, dar proiectată din condiția de minimizare a rezistenței la înaintare.
- Forma specifică de spărgător este favorizantă pentru apariția fenomenului de slamming
- Tendința pronunțată de ruliu şi tangaj excesiv.

Observațiile de mai sus conduc la concluzia ca o navă cu forme de tip spărgător de gheață este nerecomandată pentru navigația în ape deschise.

Structura

Din punct de vedere structural navele de tip spărgător prezintă câteva aspecte specifice:

- Structura şi învelişul semnificativ mai robuste decât la alte nave
- Centura de gheață – o zonă întărită definită de plutirile extreme superioară (UWL) şi inferioară (LWL) între care nava este de aşteptat să plutească în timpul navigației prin gheață
- Intercoaste – coaste adiționale prevăzute între coastele principale cu scopul de a micşora dimensiunea ochiului de placă de înveliş şi extinse până în afara centurii de gheață
- Compartimentare densă, în general dublu înveliş şi număr crescut de pereți transversali
- Utilizarea de oțeluri cu rezistența la şoc în condiții de temperaturi scăzute
- Eforturile longitudinale adiționale produse în procesul de spargere a gheții.
- Modul particular de calcul al sarcinilor induse de presiunea gheții ținând cont de zona de pe corp (fig. 4.24) şi categoria de spărgător.

Corpul navei este împărțit în zone care reflectă magnitudinea încărcărilor date de gheață (fig.4.24). În direcție longitudinală sunt patru regiuni, Prova, Prova Intemediar, Mijloc şi Pupa (Bow, Bow Intermediate, Midbody and Stern).

Exceptând zona prova, celelalte zone sunt împărțite în zone pe verticală, Fund, Intermediar şi Centura de gheață (Bottom, Lower and Icebelt).

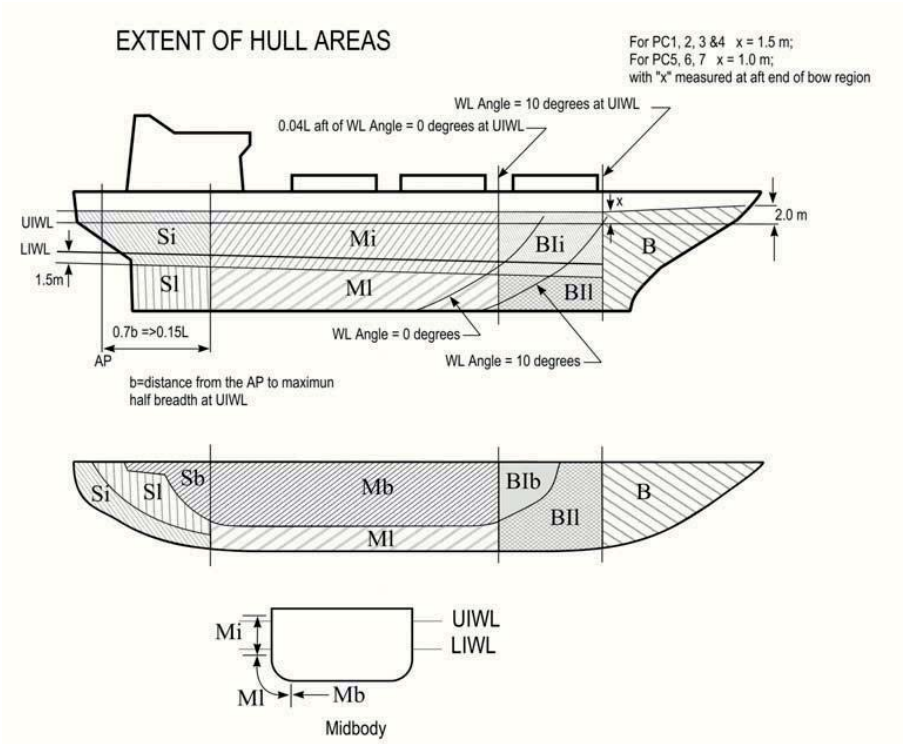


Fig. 4.24 – Zonele de gheață conform IACS

Mai multe detalii în *IACS UR-I2 Structural Requirements for Polar Class Ships* sau în Regulile Societăților de Clasificare.

Dotări

Din punct de vedere al dotărilor, navele de tip spărgător prezintă câteva aspecte specifice:

a) Sisteme adiționale de asistență la funcția de spargere a gheții
   - tancuri de ruliu – sunt de regulă tancuri de tip U active cu dublu rol: de a amortiza oscilațiile de ruliu la navigația în valuri şi de a genera ruliu atunci când nava este prinsă în gheața pentru a facilita eliberarea navei.
   - tancuri de balast adaptate – în cazul în care nava nu este prevăzută cu sistem anti-ruliu activ, pentru balansarea navei, modificarea asietei sau mărirea greutății pe prova (în cazul blocării cu nava pe gheață) se poate folosi sistemul de balast al navei, cu observația ca debitul pompei trebuie să fie mai mare decât obişnuit pentru a permite operații rapide.

- sisteme de reducere a frecării cu gheața; în condiții de gheață acoperită cu zapadă şi temperatura sub -20°C, coeficientul de frecare a navei cu gheața poate ajunge până la valoarea de 0.3. Reducerea acestui coeficient de frecare îmbunătățeşte semnificativ capabilitatea navei de a sparge gheața. Pentru aceasta se folosesc:
  - sistemul cu bule de aer care injecteaza aer la partea inferioara a navei (circa 2 m sub LWL); aceste bule, prin ridicare, lubrefiază suprafața de contact a navei cu gheața
  - injecția de apă în zona de contact cu gheața
  - vopsea specială cu frecare redusă şi rezistență la abraziune

b) Adaptarea maşinilor şi sistemelor la condițiile de exploatare
- puterea maşinilor de propulsie - capabilitatea unui spărgător este dată în principal de puterea maşinilor de propulsie. Această putere trebuie să fie suficientă pentru a putea învinge rezistența la înaintare a navei în apa liberă şi rezistența dată de gheață. Aceasta din urmă este dominantă şi este dată de componentele de spargere, de degajare şi de frecare. După cum s-a aratat mai sus, însăşi clasificarea spărgătoarelor este dată de puterea instalată. Pe de altă parte, pentru navele care cu clasă de gheață (nu neaparat de spărgător) se impune o putere de propulsie instalată minimă. Această putere minimă se determină în funcție de dimensiunile navei şi de forma prova. Pentru exemplificare vezi exemplu BV Pt E, Ch 8, Sec 1, 3
- sistemul de propulsie - aranjamentul propulsiei şi interacțiunea propulsoarelor cu gheață. La spărgătoarele moderne, soluția clasică elice pe linie de axe + cârme a fost abandonată în favoarea propulsiei azimutale Diesel electrice, asa numitul azipod. Acest sistem are o serie de avantaje care îl fac nelipsit pe navele moderne, în ciuda prețului ridicat:
  - o excelentă manevrabilitate specifică propulsiei azimutale
  - lipsa cârmelor, deci eliminarea riscului avarierii acestora
  - posibilitatea de a sparge gheața cu pupa (Double Acting Ship)
  - flexibilitatea sistemului de propulsie electric prin producerea şi transmiterea la elice exact a puterii necesare în acel moment
  - motoarele electrice pot furniza un cuplu ridicat nu numai la turații mici ci şi în cazul blocării elicelor în gheața fără ca motoarele să se oprească, permițând măcinarea gheții.
- utilizarea de elici ultra-rezistente şi cu pale înlocuibile
- utilizarea de bow şi stern thrustere puternice pentru a permite manevrarea navei în spațiile foarte înguste dintre banchize

- fixarea echipamentelor trebuie să țină seama de şocurile care apar în timpul izbirii navei de gheață; accelerațiile orizontale pot depaşi în acest caz 1g
- măsuri anti-îngheț ale sistemelor de ventilație şi de tubulaturi (winterization):
  - prizele sistemului de ventilație încălzite pentru a evita blocarea cu zăpadă; amplasarea a câte doua prize în borduri opuse pentru fiecare sistem de ventilație
  - posibilitatea de curățire a acumulărilor de gheață şi zăpada din interiorul sistemelor (ventilații, tubulaturi, prize de aer şi apă, etc.)
  - încălzirea tancurilor amplasate pe bordaj deasupra liniei de plutire
  - sistemul de răcire cu apă de peste bord va fi adaptat cu chesoane de apă de mare suplimentare, posibilitatea de eliminare a gheții din chesoane, inclusiv încălzirea acestora şi posibilitatea deschiderii chesoanelor cu nava în plutire, decupări mărite pentru absorbția apei, tanc interior de circulație a apei de răcire, etc.
  - posibilitatea golirii după utilizare a tuturor tubulaturilor expuse la îngheț (incendiu, balast, etc.)
- eliminarea depunerilor de gheață; în condiții de vânt + valuri + frig, pe navă se depun cantități importante de gheață (fig. 4.25). Gheața depusă are efecte negative în ce priveşte creşterea excesivă a deplasamentului, înrăutățirea drastică a stabilității, mărirea ariei velice, blocarea sistemelor, etc. La navele destinate navigației în zone reci se prevăd măsuri constructive pentru contracararea depunerilor de gheață sau a efectelor acestora.

Fig. – 4.25 Depuneri de gheață pe puntea teugă (st.) şi pe borduri (dr.)

Pentru mai multe detalii se vor consulta Regulile DNV relativ la notațiile DEICE şi WINTERIZATION.
Site recomandat: http://coldregionsresearch.tpub.com/SR95_17/index.htm

5. NAVE DE DRAGARE

Preambul:

- *O mare parte a informațiilor din acest capitol sunt extrase din publicațiile **Prof. Ir. W.J.Vlasblom** de la TU Delft. Prtincipalele lucrări ale acestuia sunt publicate pe Internet şi sunt recomandate tuturor celor care se implică în problema drăgilor şi a dragajului.*
- *Recomandăm şi consultarea lucrării **Prof. Lucian Manolache** - Nave Tehnice publicată la Universitatea din Galați.*
- *Pentru a evita confuzii de traducere, termenii de specialitate consacrați vor fi indicați şi în limba engleză.*

5.1 Introducere

Necesitate

Dragajul reprezintă activitatea de extragere a materialului solid de pe fundul apei. Dragajul se execută pentru:

- curățirea şi adâncirea şenalului navigabil
- tăierea de canale de navigație şi / sau irigații noi
- colectarea de material de construcție.

Navele flotei de dragare

Tipurile de nave implicate în activitatea de dragare sunt:

- Drăgi – nave ce desfăşoară direct activitatea de extragere a materialului;
- Şalande – nave destinate transportului materialului dragat
- Nave de suport – pontoane, stații de pompare, etc. – nave auxiliare necesare procesului de dragare

Legislație

Sub aspect legislativ, atât dragarea cât şi depozitarea materialului dragat sunt reglementate. În plus față de legislația națională şi regională, instrumentul internațional de reglementare cel mai larg aplicabil este Convenția de la Londra 1972 (LC-72), care acoperă zonele marine din întreaga lume. Convenția LC-72 a adoptat şi documentul „Dredged Material Assessment Framework" (DMAF) care este în curs de a fi ratificat de cele 90 țări semnatare ale Convenției.

Există, de asemenea, convenții regionale, cum ar fi cele de la Oslo, Convenția de la Paris, Convenția de la Helsinki şi Convenția de la Barcelona.
Legislația privind dragajul în apele interioare se bazează pe reglementări naționale şi / sau europene ce implică o mare varietate de legi aplicabile pentru diferite zone, activități şi materiale dragate. Unele activitati de dragare, în special cele care cuprind operațiuni de întreținere a căilor navigabile, pot să nu fie reglementate. Totuşi, indiferent de natura proiectului de dragaj, se recomandă efectuarea prealabilă de investigații ce includ, de exemplu, anchetele tehnice de dragare, opțiunile de eliminare a materialului dragat, studii de proces fizic şi de mediu, studii de impact.

Reguli
Proiectarea şi construcția navelor de dragare, a drăgilor în mod special, sunt supuse Regulilor Societăților de Clasificare şi / sau administrației. Navele de dragare trebuie să respecte Regulile generale de construcție a navelor precum şi prevederi specifice aplicabile numai acestui tip de nave. Dintre aceste Reguli specifice se pot aminti:
- Regulile Societăților de Clasificare (ex. BV)
  - pentru drăgile maritime: partea D, ch. 13 - Ships for dredging activity
  - pentru drăgile fluviale: partea D, ch. 1, Sec.9 - Vessels for dredging activities
- Regulile emise de administrație (autoritatea de pavilion); dintre acestea cele mai semnificative sunt:
  - pentru drăgile maritime: Guidelines for the assignment of reduced freeboards for dredgers, DR-68 emisă de (Netherlands) Shipping Inspectorate şi aproape unanim acceptată de majoritatea administrațiilor.
  - pentru drăgile fluviale: Directiva Parlamentului European EC 87-2006 (în România reglementările echivalente sunt în Ordinul ministrului transporturilor nr. 1447/2008 privind aprobarea cerințelor tehnice pentru navele de navigație interioară) m Ch. 17 - Specific requirements applicable to floating equipment, reglementări aplicabile în UE.

Notația de clasă: în notația de clasă a navelor implicate în procesul de dragare se includ notații de serviciu specifice cum ar fi: "dredger", "hopper dredger", "hopper unit", "split hopper unit", etc. în funcție de tip.

Tipuri de sol
Tipul de sol dragat condiționează alegerea tipului de dragă, a echipamentului de dragare şi modul de manevră-transport a materialului dragat. Principalele tipuri de sol dragat sunt următoarele:
- Soluri compactate coezive: Magmatice (granit, bazalt); Metamorfice (şisturi, gnais); Sedimentare (calcar, coral, cretă, sare); Roci sparte

- Soluri compactate necoezive: Nisip cimentat; Amestec argilă-bolovani sau nisip-bolovani compactat; Argila nisipoasă; Argila lipicioasă; Turba; Lignit
- Soluri necompactate şi necoezive: Bolovani; Amestec bolovani cu pietriş; Pietriş; Nisip pietros; Nisip de granulaţie medie; Nisip de granulaţie fină; Nisip de granulaţie extrem de fină; Nămol

5.2 Tipuri de drăgi

În funcţie de modul de manevrare a materialului dragat, drăgile se clasifică în:
- mecanice - la care dragarea se face exclusiv cu dispozitive mecanice
- hidraulice - la care dragarea se face prin realizarea unui amestec apă-material dragat (spoil) şi aspirarea şi refularea acestuia

Principalele tipuri de drăgi sunt (Figurile 5.1.x):

- **Draga cu cupe** *Bucket ladder dredge* (fig. 5.1.1)
  Draga de tip mecanic prevăzută cu un braţ mobil (elinda) care permite reglarea adâncimii. Pe elindă se instalează un tren rulant de cupe. Prin rularea trenului de cupe, cupele de la capătul elindei taie în sol şi se umplu cu material dragat. Acesta este deversat în partea superioară a elindei prin răsturnarea cupelor pe un jgheab care deverseaza în lateral materialul dragat spre şalandă.

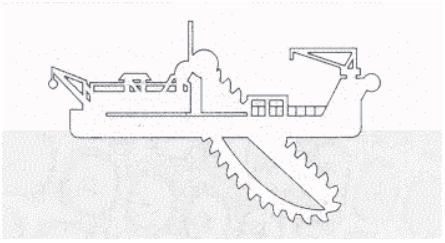


Fig. 5.1.1 – Draga cu cupe

- **Draga cu graifăr (draglina)** *Grab / Clamshell dredge* (fig. 5.1.2)
  Draga de tip mecanic prevăzută cu un braţ de macara la care se ataşează un graifăr. Materialul dragat este preluat de pe fundul apei prin închiderea graifărului, ridicat şi descărcat în şalandă sau la mal.

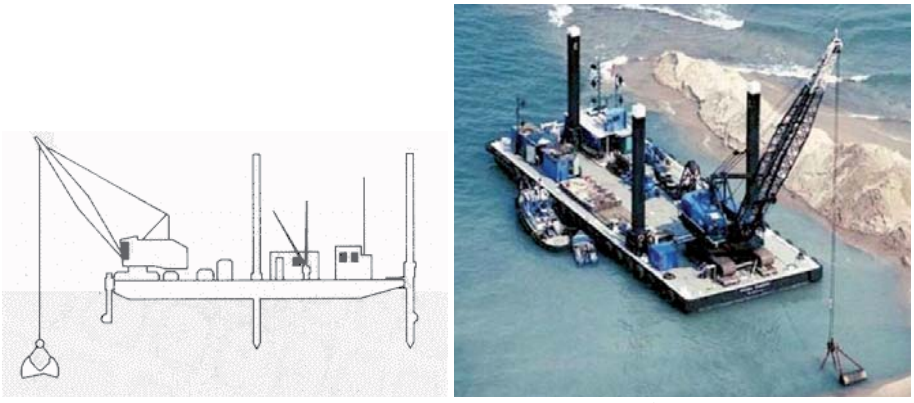


Fig. 5.1.2 – Draga cu graifăr

- **Draga cu excavator** *Dipper / backhoe dredge* (fig. 5.1.3)
  Draga de tip mecanic, este în fapt un excavator plutitor şi lucrează similar cu acesta dar sub apă. Materialul dragat este preluat de pe fundul apei de cupa de excavator, ridicat şi descărcat în şalandă sau la mal.

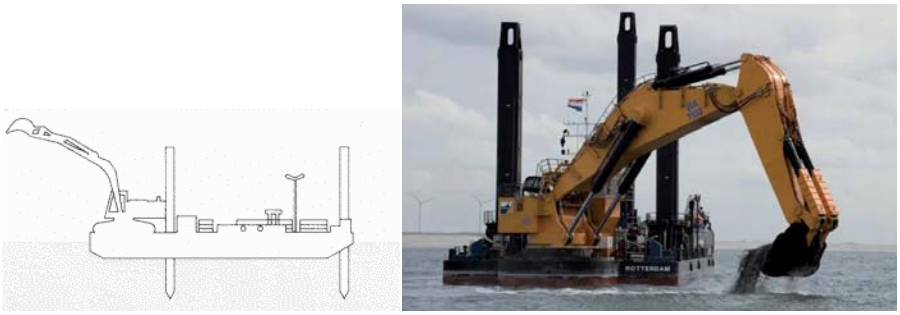


Fig. 5.1.3 – Draga cu excavator

- **Draga cu sucțiune** *Plain suction dredge* (fig. 5.1.4)
  Draga de tip hidraulic prevăzută cu o pompă care aspiră spoilul (apa + materialul dragat) de pe fundul apei şi îl refulează pe conducta de evacuare spre mal sau spre şalandă.
  Conducta de aspirație este amplasată pe un braț mobil (elinda) care permite reglarea adâncimii. Pompa poate fi amplasată fie în corpul drăgii (sub linia de plutire) fie la capătul de jos al elindei.
  Spoil-ul se realizează fie natural prin turbulențele din jurul gurii de aspirație, fie forțat cu jet de apă sub presiune. Jetul de apă este creat de o pompă separată şi trimis la gura de aspirație cu o tubulatură dedicată.

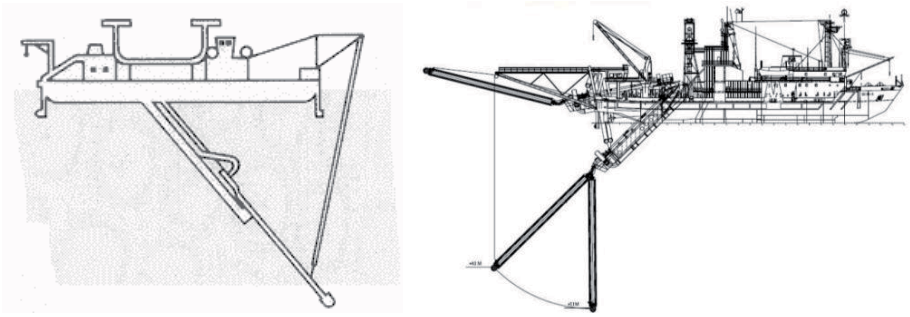


Fig. 5.1.4 – Draga cu sucțiune

- **Draga cu sucțiune şi afânător** *Cutter suction dredge* (fig. 5.1.5)
  Acest tip de dragă hidraulică este o variantă a drăgii cu sucțiune la care la capătul elindei s-a ataşat un dispozitiv suplimentar de creare a spoil-ului. Acest dispozitiv poate fi un cap afânător (pentru solurile moi) sau un cap de tăiere (pentru solurile compactate). Capul afânător (de tăiere) este acționat de un motor hidraulic şi prevăzut cu dispozitive (lamele sau dinți) care prin rotația lor dislocă materialul de dragat. O dată dislocat, amestecul apă-material dragat este absorbit de pompa de dragare şi refulat la mal sau şalandă.

Fig. 5.1.5 – Draga cu sucțiune şi afânător

- **Draga aspirantă mobilă** *Trailing hopper suction dredge* (fig. 5.1.6)
  Acest tip de dragă este varianta autopropulsată a drăgii cu sucțiune.
  Dragarea se realizează hidraulic prin "greblarea" fundului şi deplasarea capului de dragare o dată cu deplasarea drăgii. Capul de dragare poate fi sau nu prevăzut cu dispozitive de afânare sau tăiere în funcție de natura solului. Materialul dragat este descărcat în magazia drăgii (hopper) unde materialul solid se sedimentează iar excesul de apă este deversat peste bord. Descărcarea drăgii se face fie mecanic cu cupe, graifăr, etc., fie hidraulic prin injectarea de apă în magazie, crearea de spoil şi pomparea lui la mal, fie gravitațional prin deschiderea porților de fund.

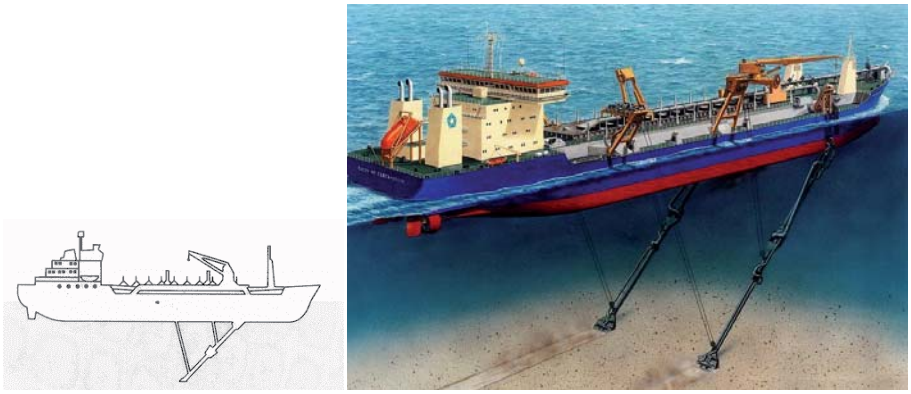


Fig. 5.1.6 – Draga aspirantă mobilă

Primele trei tipuri intră în categoria drăgilor mecanice, celelalte în categoria drăgilor hidraulice. Tipurile enumerate mai sus nu sunt exclusive, există şi alte tipuri rezultate din combinația echipamentelor de dragare şi a specializării drăgii.

5.3 Echipamente specifice drăgilor

Acțiunile desfăşurate de o dragă în relație cu procesul de dragare sunt:

- Poziționarea dispozitivului de dragare
- Tăierea solului
- Ridicarea la suprafață a materialului dragat
- Transportul materialului dragat

Pentru derularea acestor acțiuni, drăgile sunt dotate cu o serie de echipamente specifice:

- Sisteme de poziționare a drăgii
- Brațul de dragare
- Sisteme de tăiere a solului
- Sisteme de manevră a materialului dragat

Sisteme de poziționare a drăgii:

Pe timpul operațiilor de dragare, draga trebuie să aibă o poziție determinată în raport cu fundul (zona dragată). Aceasta presupune:

- fixarea drăgii în zona de dragat – realizată cu sistemul de poziționare a drăgii
- poziționarea precisă a dispozitivului de dragare – realizată cu brațul de dragare

Exceptând dragarea cu autopropulsie – specifică drăgilor mobile de tip "trailing" – care presupune deplasarea drăgii cu mijloace proprii pe deasupra zonei de dragare, tragerea brațului de dragare şi dragarea "din mers", la celelalte tipuri de drăgi este necesară fixarea drăgii pe poziție. Pentru aceasta se utilizează două sisteme principale şi combinații ale acestora:

- ancore de papionaj;
- piloni de fixare (spud);

Oricare din aceste sisteme trebuie să permită:

- fixarea drăgii pe o poziție determinată şi să reziste la efectele adverse ale curentului, vântului şi forțelor din dragaj
- deplasarea controlată a drăgii pentru a asigura mişcările de baleiere şi avans a dispozitivului de dragare.

Ancorele de papionaj

Sistemul "pur" cu ancore de papionaj constă în 6 ancore, patru în colțurile drăgii (ancore de poziționare), una înspre înainte (ancora de avans) şi una spre înapoi (ancora de susținere). În unele cazuri (drăgi în curent) a 6-a ancoră spre pupa poate lipsi.

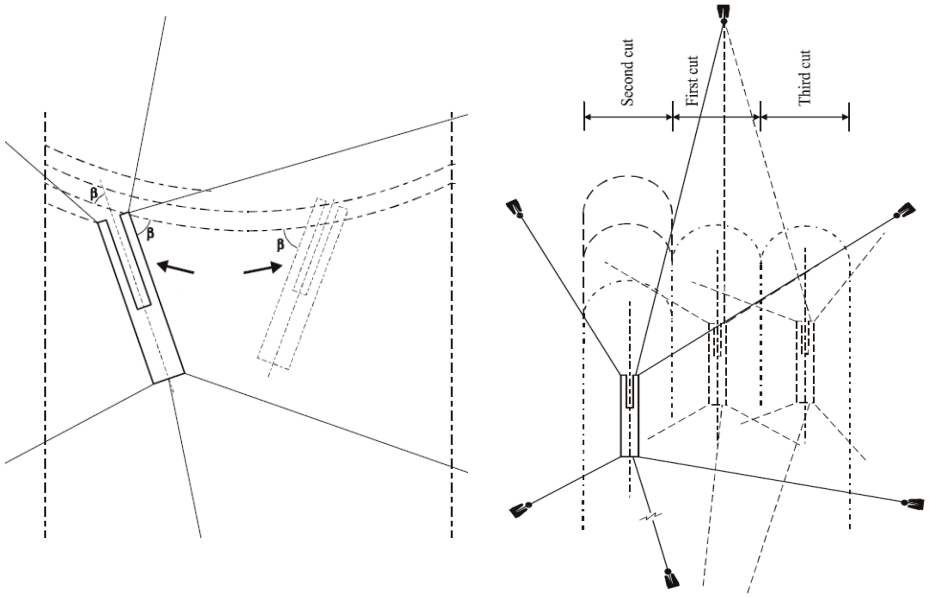


Fig. 5.2 – Manevra drăgii cu 6 ancore de papionaj

Acest sistem de ancore asigură şi poziționarea şi mişcarea controlată a drăgii. Cablurile ancorelor sunt manevrate de vinciurile de papionaj. Prin

manevre corelate “vira-maina”, draga este deplasată în mişcări orizontale de translaţie şi rotaţie astfel încât dispozitivul de dragare să acopere întreg frontul de dragare (Fig. 5.2). Avansul se realizeaza prin “tragerea” pe ancoră de prova.

Sistemul cu ancore de papionaj asigură o bună fixare a drăgii chiar în condiţii de curent puternic precum şi poziţionarea şi controlul cu precizie satisfăcătoare a dispozitivului de dragare.

Principalele dezavantaje ale acestui sistem sunt:

- aria mare de extindere a cablurilor ancorelor (ancora prova poate fi la 1-2 km distanţă), fapt care reprezintă un obstacol serios pentru navigaţie; pentru diminuarea acestui inconvenient se utilizează deviatoarele de cablu (Fig. 5.3); acestea deviază cablul de ancorare la o anumită adâncime (1.5-2.5 m) sub linia de plutire facilitând trecerea altor nave peste liniile de ancorare
- întreruperea procesului de dragare pentru mutarea ancorelor, acesta manevră necesitând nave de asistenţă
- spaţiul aglomerat pe punte datorită vinciurilor de papionaj şi a rolelor de deviere

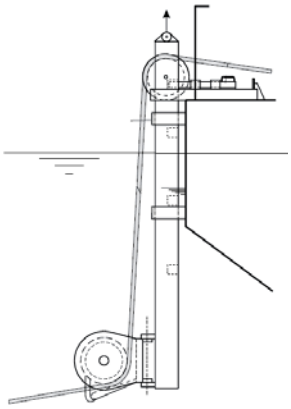


Fig. 5.3 – Deviator de cablu

Piloni de fixare

Un sistem de fixare / deplasare mai eficient decât ancorele de papionaj o reprezintă pilonii de fixare (spud). Un astfel de pilon constă într-o coloană cu posibilitate de translaţie verticală prin corpul drăgii. Ridicarea pilonului se realizează cu vinci şi scripeţi sau cu cilindru hidraulic (Fig. 5.4).

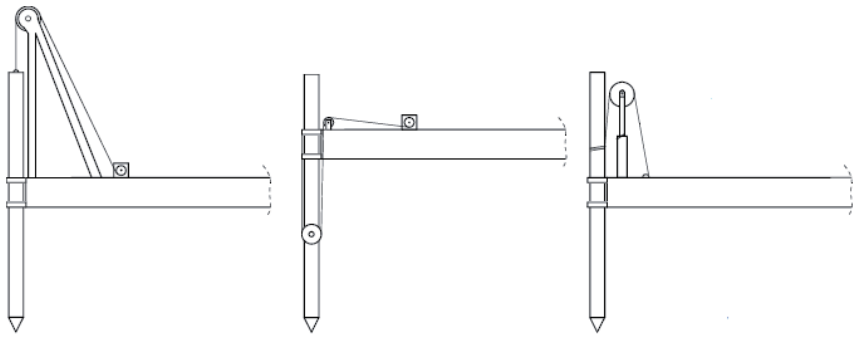
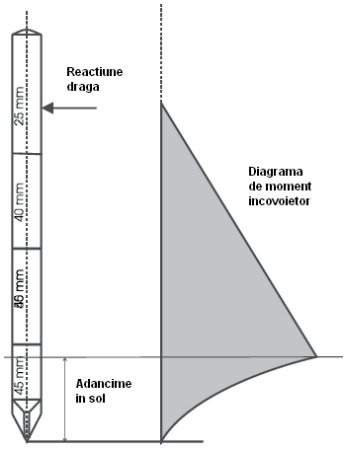


Fig. 5.4 – Sisteme de ridicare a pilonilor de fixare

Prinderea cablului de ridicare de pilon se poate face la capătul superior (necesită o construcție pe punte şi limitează cursa), inferior (deasemeni limitează cursa) sau tip "lasou". În acest ultim caz, prinderea pilonului de face cu o buclă a cablului care la ridicare se auto-strânge pe pilon; în poziția ridicat pilonul este blocat cu o frână; prin repetarea manevrei de ridicare, înălțimea de ridicare este limitată doar de lungimea pilonului. Coborârea pilonului se face gravitațional prin decuplarea frânei. Coborârea fiind prin cădere liberă, pilonul se înfinge în fundul apei asigurând fixarea în sol.



Din punct de vedere al construcției, pilonul este o grindă (țeavă rotundă sau pătrată) cu grosime variabilă. Calculul de rezistență se face în condiția de grindă încastrată la un capăt (în sol) cu o forță concentrată (reacțiunea din corpul drăgii) (Fig. 5.5).

Reacțiunea din corpul drăgii este dată de rezultanta forțelor externe (vânt, curent) ce acționează asupra drăgii şi din forțele induse de procesul de dragare.

Fig. 5.5 – Schema de calcul a unui pilon

Fixarea drăgii se face cu 2-4 piloni. Numărul de piloni este dat de condițiile de lucru, în principal de curentul apei, astfel încât dacă se lucrează în curent, în orice moment draga să fie fixată cu minim doi piloni. Numărul de piloni poate fi redus dacă se utilizează sistem combinat ancore-piloni.

Pilonii sunt utilizați nu numai pentru fixarea drăgii pe poziție ci şi pentru deplasarea controlată a drăgii. Aceasta deplasare se realizează cu ajutorul pilonilor mobili. Pentru mişcarea pilonilor se utilizează trei sisteme (Fig. 5.6):

- piloni rotativi în care pilonul mobil este amplasat pe un braț articulat cu posibilitate de rotație în plan orizontal în axa de rotație este prevăzut pilonul fix
- piloni pe cărucior în care pilonul este amplasat pe un cărucior cu posibilitate de translație pe şine în lungul corpului drăgii
- piloni oscilanți în care pilonul poate executa o mişcare de rotație în plan vertical; are dezavantajul dependenței cursei de adâncime a apei.

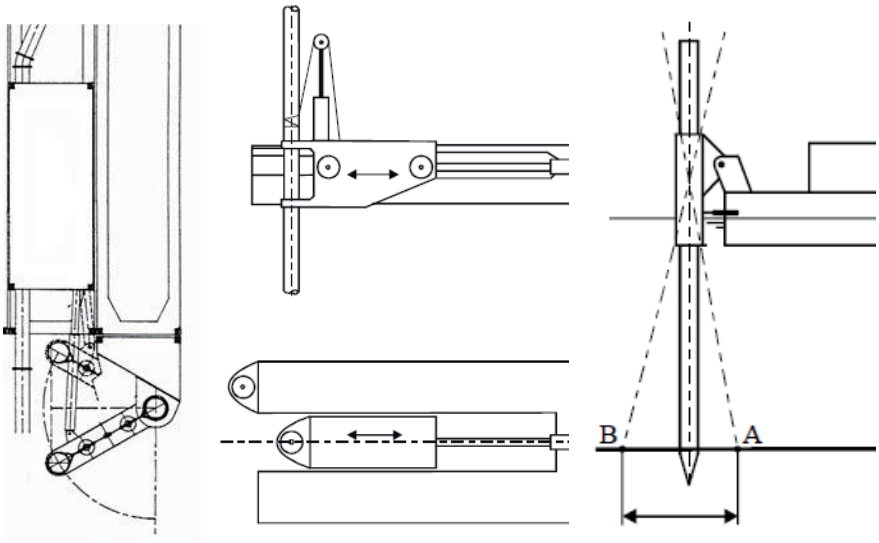


Fig. 5.6 – Sisteme de avans cu piloni mobili; rotativ (st), cărucior (ce), oscilant (dr)

Mişcarea drăgii prin utilizarea pilonilor mobili se realizează astfel:

- în funcționare, draga este poziționată de pilonii ficşi, pilonii mobili fiind suspendați
- se coboară pilonii mobili şi se ridică pilonii ficşi
- se execută deplasarea pilonilor mobili, prin aceasta deplasându-se draga (pilonii sunt înfipți în sol)
- se coboară pilonii ficşi şi se ridică pilonii mobili

În cazul în care se utilizează doi piloni mobili, prin deplasarea diferențiată a acestora, se poate realiza şi rotația corpului drăgii.

Sistem combinat

Sistemul combinat – ancore de papionaj şi piloni – este probabil cel mai des utilizat. Combinația constă în două ancore de papionaj legate de elindă şi doi piloni, unul fix şi unul mobil. Baleierea brațului de dragare este asigurată de manevra pe ancorele de papionaj, fixarea asigurată de piloni şi ancore, iar avansul drăgii este asigurat de pilonul mobil (Fig. 5.7).

Deoarece ancorele sunt prinse la partea inferioara a elindei (ceea ce asigură o bună forță de ținere) şi pe de altă parte ancorele sunt asistate de piloni la fixarea drăgii, cablurile ancorelor pot să fie scurte, ceea ce reduce obstrucționarea navigației. În plus, draga poate fi dotată cu bigi de manevră a ancorelor astfel încât o navă auxiliară de deplasare a ancorelor nu mai este necesară.

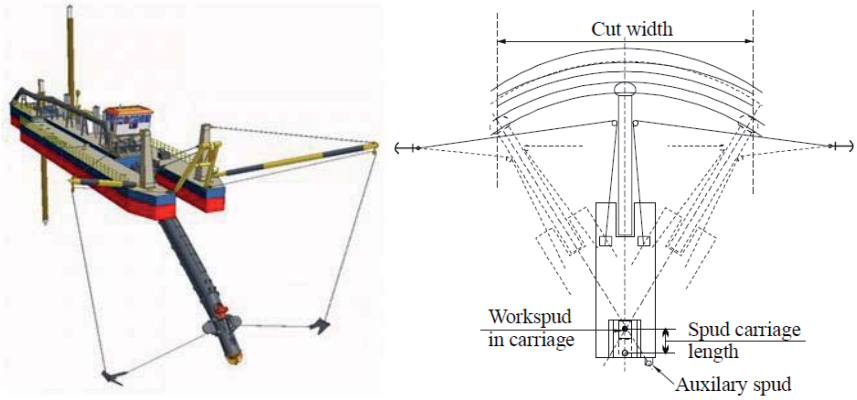


Fig. 5.7 – Sistem combinat, ancore-piloni

Pentru avans se utilizează doi piloni, unul fix şi unul mobil. Draga va fi fixată astfel în:

- cei doi piloni când se manevrează ancorele
- în pilonul fix şi ancore pe timpul dragajului
- în pilonul mobil şi ancore pe timpul avansului

Pentru a reduce numărul de membri în echipaj şi pentru a fluidiza mişcarea, comenzile de manevră a vinciurilor de ancoră şi a sistemelor de acţionare a pilonilor sunt integrate, astfel încât la comanda de avans sau rotaţie se execută automat secvenţa de comenzi aferente (modificarea lungimii cablurilor de ancoră, ridicarea, deplasarea şi coborârea pilonilor, etc.)

Braţul de dragare

Pe măsura dragajului, dispozitivul de dragare trebuie să efectueze mişcări orizontale (avans şi/sau lateral) şi verticale controlate. Aceste mişcări se realizează atât prin manevra braţului de dragare cu draga fixă cât şi – în cazul mişcărilor orizontale - prin manevrarea corpului drăgii din sistemul de fixare. Braţul de dragare este fie un braţ de tip macara (la drăgile cu graifăr şi la cele tip excavator), fie un braţ imersat numit elindă (ladder). Elinda este o structură rigidă, articulată la un capăt de corpul drăgii şi prevăzută la celalalt capăt cu dispozitivul de dragare (Fig. 5.8).

Dragajul presupune un set de mişcări ciclice ale dispozitivului de dragare (cupa, graifărul, capul de sucţiune) constând în deplăsări pe trei direcţii: verticală, laterală, longitudinală.

Mişcarea verticală este realizată de braţul tip macara sau de elindă şi are rolul de a poziţiona dispozitivul de dragare la adâncimea dorită şi de a regla grosimea stratului dragat.

Mişcarea laterală are rolul de a baleia zona de dragare pentru realizarea unei lăţimi de dragare cât mai mari cu minim de mişcări ale drăgii.
Mişcarea longitudinală (pasul de dragare) are rolul de a deplasa dispozitivul de dragare spre înainte după terminarea dragajului pe zona baleiată.

Fig. 5.8 – Elinda: draga cu cupe (st); draga cu sucţiune şi afânător (dr)

Acţionarea pentru mişcarea elindei plan vertical (la unele tipuri de drăgi şi în plan orizontal) se face cu vinciuri sau cu cilindri hidraulici.
În funcţie de modul de deplasare şi de tipul dispozitivului de dragare, zona dragată prin baleiere orizontală poate avea fie forma inelară sau de tip "semilună" (Fig. 5.9).

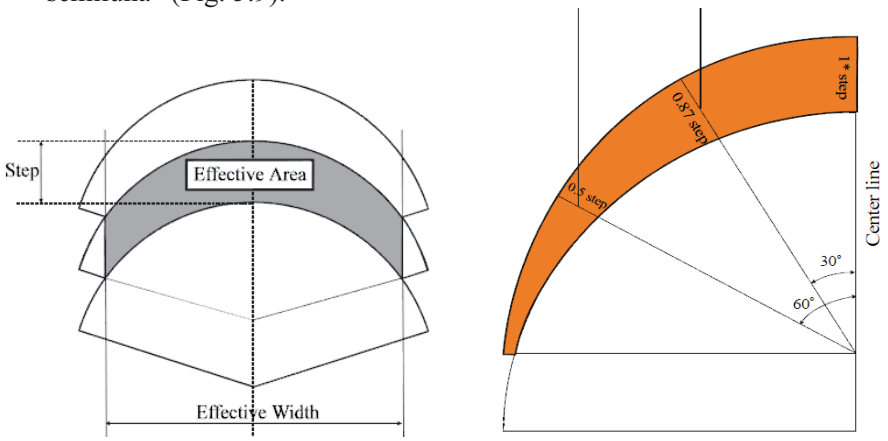


Fig. 5.9 – Forma zonei dragate prin baleiere orizontală: inelară (st) şi semilună (dr)

Dispozitive de tăiere a solului

În funcție de tipul de sol, modalitățile de tăiere ale solului sunt:

- afânare: cu dispozitive de afânare - utilizate la nisip şi nămol compactat
- decupare: cupe, graifăre sau capete de tăiere cu lamele - utilizate la argilă, lignit, turbă
- sfărâmare: cupe, sau capete de tăiere cu dinți - utilizate la roci compacte

Nu necesită tăiere: nămol, nisip, pietriş, bolovani, roci sparte; aceste materiale pot fi preluate ca atare fără a fi tăiate în prealabil.

Pentru dislocarea şi preluarea materialului dragat se utilizează o serie de echipamente specifice (Fig. 5.10.1-4).

Cupe

Cupele sunt dipozitive destinate tăierii solului şi ridicării la suprafață a materialului dragat. Cupele pot fi utilizate pentru o gamă largă de soluri exceptând roca compactă. La solurile cu granulație fină (nămol, nisip fin) există riscul spălarii solului din cupă pe timpul ridicării, reducând astfel productivitatea. La solurile lipicioase (argila), există riscul lipirii solului de cupă astfel încât nu se produce descărcarea completă a cupei. În funcție de tipul de sol, muchia de tăiere a cupei poate fi prevăzută cu dinți (pentru roca spartă) sau cu lamelă.

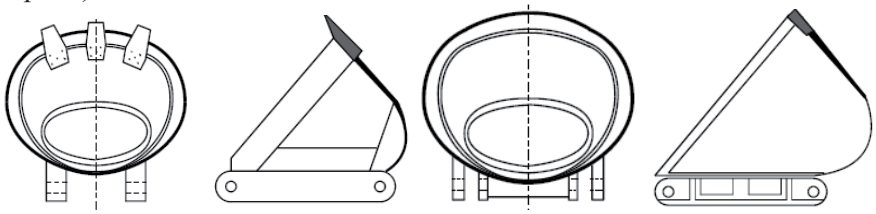


Fig. 5.10.1 – Cupe: cu dinți (st); cu lamelă (dr)

Graifăre

Graifărele sunt dipozitive destinate tăierii solului şi ridicării la suprafață a materialului dragat. Graifărele pot fi utilizate pentru soluri granulate cu granulație mică şi medie. Nu pot fi utilizate la roci (chiar roci sparte) şi argilă. La solurile compactate apar dificultăți de tăiere, iar la solurile cu granulație fină (nămol, nisip fin) există riscul spălării solului din graifăr pe timpul ridicării. O caracteristică unică a graifărelor este posibilitatea extragerii de pe fund a unor obiecte masive şi neregulate (resturi de structuri, copaci, etc.). În funcție de destinație se utilizează câteva tipuri principale de graifăre:

- graifăr cu cupe – utilizat la nisip, pietriş şi nămol
- graifăr tip păianjen – utilizat la obiecte: resturi de structuri, copaci, etc.

- graifăr tip cactus – utilizat la soluri moi compactate

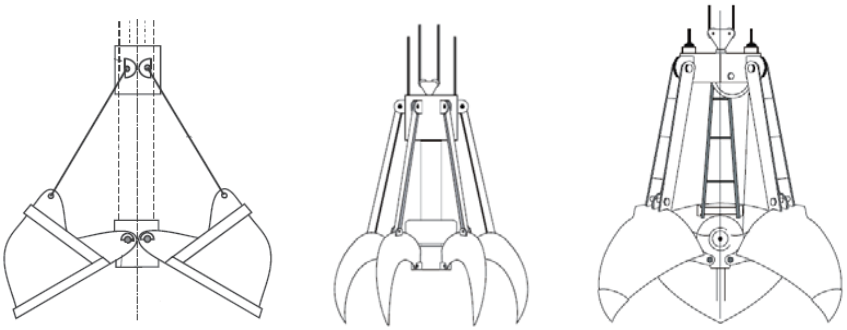


Fig. 5.10.2 – Graifăre: cu cupe (st); paiănjen (ce); cactus(dr)

Afânătoare

Afânătoarele au rolul de a disloca solul şi de a crea un amestec de apă-sol în vederea absorbției acestuia de către pompa de dragaj. Se utilizează numai la soluri cu granulație fină şi medie – nămol, nisip şi pietriş cu granulație mică – şi cu grad redus de compactare. Necesită dispozitive adiționale de antrenare (pompă, motor).

Tipurile principale de afânătoare sunt:

- afânător cu pompă şi jet de apă; dislocarea solului este realizată de un jet de apă sub presiune (creat de o pompa destinată)
- afânător cu cap rotativ cu lamele; dislocarea solului este realizată cu lamelele în rotație în jurul unei axe perpendiculare pe sol şi amplasate pe un cap conic
- afânător spiralat; dislocarea solului este realizată de un cilindru rotativ în jurul unei axe paralele cu solul şi prevăzut cu lamele spiralate tip combină

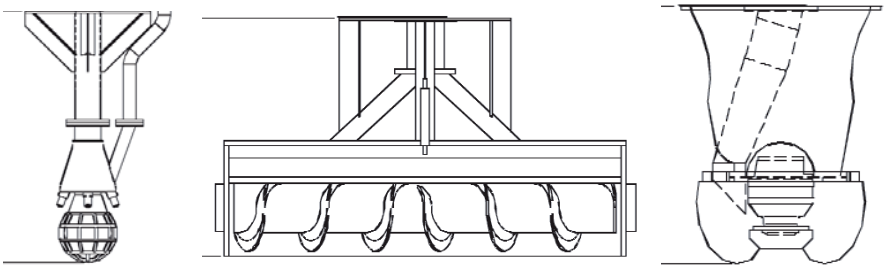


Fig. 5.10.3 – Afânătoare: cu jet de apă (st), cu cilindru (ce), cu cap rotativ (dr)

Capete de tăiere

La fel ca şi afânătoarele, capetele de tăiere au rolul de a disloca solul şi de a creea un amestec de apă-sol în vederea absorbției acestuia de către pompa de dragaj. Deosebirea constă în natura solului pentru care se utilizează, respectiv orice tip de sol exceptând roca dură compactă (granit sau echivalent). Se utilizează pe acelaşi tip de dragă ca şi afânătoarele (Cutter suction) şi necesită motor de antrenare.

Tipurile principale de capete de tăiere:

- cap conic: în funcție de tipul de sol, sunt dotate cu diferite tipuri de sisteme de tăiere amplasate pe brațe spiralate; capul de tăiere are o mişcare de rotație în jurul unei axe perpendiculare pe sol
- cap tip rotor: sistemele de tăiere sunt amplasate pe muchiile unor cupe aflate pe un rotor

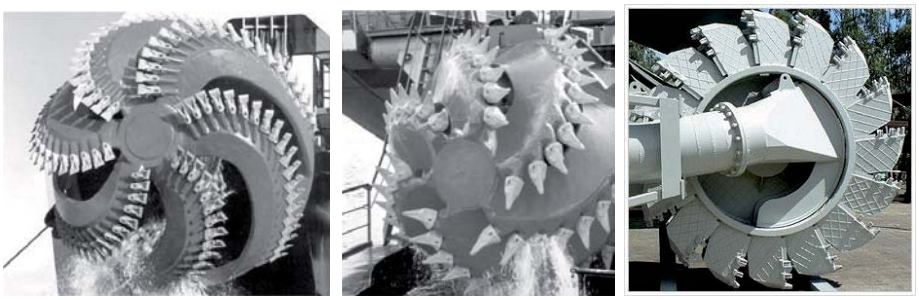


Fig. 5.10.4 – Capete de tăiere: cu dinți [argilă (st); rocă (ce)]; tip roată cu cupe (dr)

Manevra materialului dragat

Manevra materialului dragat are două faze:

- ridicarea la suprafață
- transportul

Ridicarea la suprafață a materialului dragat:

- mecanic în recipienți; în acest caz materialul dragat este încărcat şi ridicat în recipienți – cupe de dragă, graifăr, cupa de excavator. Metoda are câteva dezavantaje:
  - procesul este discontinuu
  - există pierderi de material la ridicarea şi golirea recipientului
  - unele materiale, cum ar fi argila, se lipesc de recipient şi nu se pot descărca în totalitate
  - alte materiale, cum ar fi nămolul şi nisipul fin, sunt spălate de apă pe timpul ridicării

- hidraulic prin pompare: în acest caz materialul dragat este amestecat cu apa, iar amestecul este pompat la suprafață prin conducte. Metoda are avantajul unei productivități mari, accentuată şi de faptul că nu necesită transfer al materialului dragat în alte mijloace de transport, amestecul poate fi pompat direct la mal. Totuşi şi această metodă are câteva dezavantaje:
  - necesită puteri mari (compensate însă prin productivitate)
  - pentru ca amestecul să poată fi pompat pe conductă, trebuie îndeplinite anumite condiții privind legătura dintre putere - debit - presiune în corelație cu procentul de solid din amestec şi dimensiunea granulelor de solid
  - uzura conductelor de legătura şi a pompei este pronunțată, costurile de mentenanță fiind mari şi fiind necesară utilizarea de materiale speciale (Hardox)

Transportul materialului dragat:

- continuu, prin pomparea prin conducte a amestecului; aplicabil la drăgile hidraulice unde amestecul aspirat este pompat la mal direct de pompa de dragare. În cazul în care distanța de pompare este mare (peste 200-2000 m în funcție de material) pompa de dragare nu mai face față şi este necesară amplasarea unor pompe intermediare pe conducta de refulare (pompe buster)
- continuu cu benzi transportoare; în acest caz materialul dragat este descărcat pe benzi transportoare care realizează transportul la mal
- intermitent cu nave auxiliare (şalande, barje); în cazul drăgilor mecanice sau în cazul în care distanța de transport este mare, materialul dragat se încarcă în nave specializate care îl transportă la distanțe mari de unde este descărcat direct în apă sau la mal utilizând mijloace de transfer (pompe, graifăre, etc.). Caracteristic şalandelor este sistemul de descărcare gravitațională prin deschiderea unor porți de fund.
- intermitent cu mijloace proprii; în unele cazuri, în special la drăgile autopropulsate, materialul dragat poate fi colectat într-o magazie a drăgii (hopper). La umplerea magaziei se întrerupe dragarea şi nava se deplasează la locul de descărcare.

În cazul drăgilor mecanice, ridicarea materialului dragat se face cu recipienți şi apoi deversat din recipienți în sistemul de transport. Transportul se face fie continuu pe benzi transportoare (mai rar) fie cel mai frecvent, intermitent cu nave auxiliare.

În cazul drăgilor hidraulice atât ridicarea cât şi transportul se fac hidraulic prin pomparea amestecului prin conducte. Elementul central al sistemului de manevră a materialului dragat la drăgile hidraulice îl constituie pompa de dragaj.

Pompa de dragaj

Aceasta pompă este de tip centrifugă (Fig. 5.11) construită special pentru manevrarea amestecului apă - material solid, fapt care presupune utilizarea de materiale rezistente la abraziune, construcția carcasei şi rotorului cu părți detaşabile pentru a fi schimbate după uzare, carcasa cu pereți dubli, etc.

Față de pompele centrifuge obişnuite, pompele utilizate la dragaj au câteva particularități:

- spațiu mărit între rotor şi carcasă (atât radial cât şi axial) pentru a evita blocarea pompei cu bucăți mari de material
- număr redus de pale (3..5) pentru a permite antrenarea pietrelor de mari dimensiuni; practic, spațiul dintre pale comparabil cu diametrul conductei de aspirație
- construcție care permite înlocuirea părților expuse la uzură
- sisteme de etanşare care să împiedice intrarea nisipului la lagăre

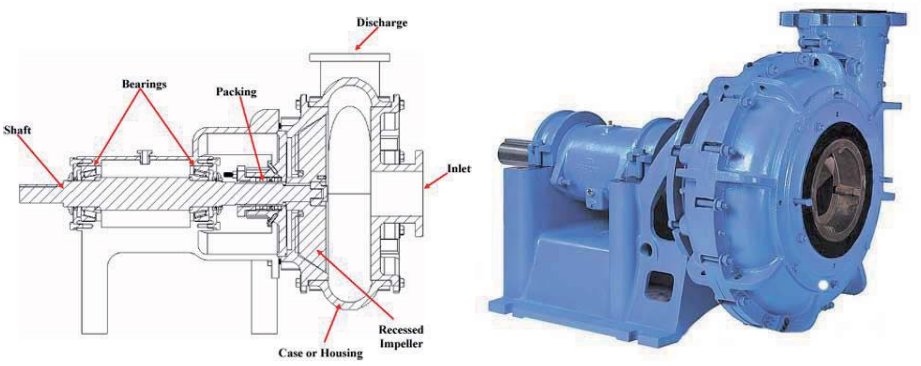


Fig. 5.11 – Pompa de dragaj

Din punct de vedere al alegerii caracteristicilor pompei, respectiv debitul şi presiunea, precum şi pentru configurarea instalației de dragaj, trebuie avute în vedere următoarele particularități:

- Pompa manevrează un amestec solid-lichid cu o anumită concentrație. Uzual se utilizează 20% - 40% material solid. Această concentrație poate fi reglată de operator prin reglarea apăsării capului de dragare. Sistemele moderne de supervizare a dragajului oferă dragorului indicații privind această concentrație.
- De regulă, cerința de debit a pompei este exprimată în productivitatea de material solid Qs (t/h); debitul de amestec al pompei va fi $Q = Qs / c$ unde c este concentrația volumică de solid în amestec, $c = V_{solid} / V_{amestec}$

- Densitatea amestecului pompat este influențată de densitatea materialului solid şi de concentrația c. $\rho_{amestec} = (1\text{-}c)\ \rho_{apa} + c\ \rho_{solid}$
  Uzual se pot considera $\rho_{apa} = 1.0 .. 1.025$ şi $\rho_{solid} = 2.2 ... 2.5$ [t.m^3]
  Ca exemplu pentru o concentrație de 30% de nisip / pietriş, densitatea amestecului este în jur de 1.4 t/m^3
- În funcție de tipul de material dragat particulele solide au o anumită dimensiune medie care influențează caracteristicile funcționale ale instalației. Cel mai important efect al dimensiunii particulelor este reprezentat de viteza critică de sedimentare în tubulatură. Aceasta reprezintă viteza sub care amestecul se sedimentează în tubulatură şi blochează curgerea. În consecință, în funcție de dimensiunea particulelor de solid, debitul pompei - în corelație cu diametrul tubulaturii - trebuie să asigure o viteză de curgere mai mare decât viteza critică. În figura 5.12 se prezintă diagrama de determinare a vitezei critice în tubulatură în funcție de dimensiunea particulelor şi diametrul conductei.

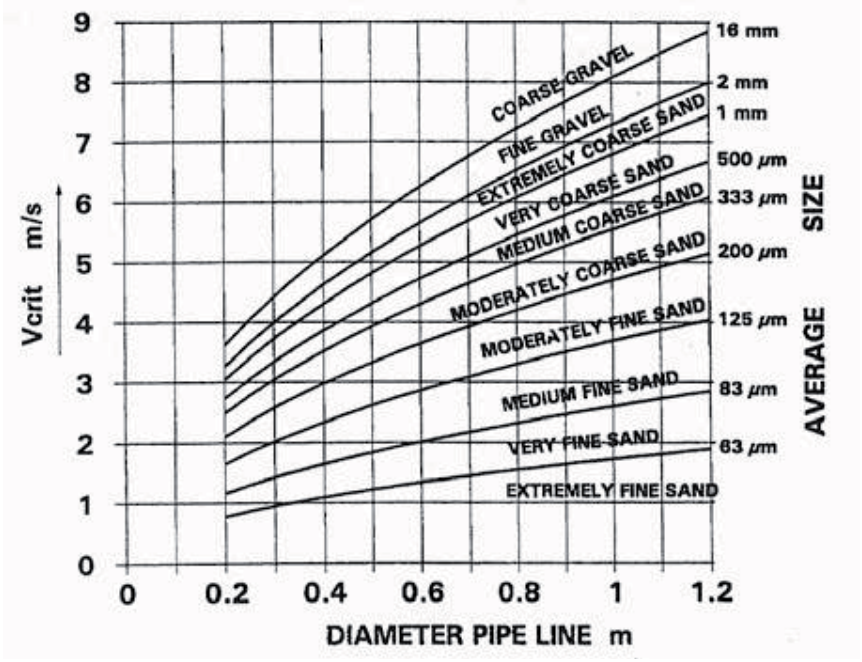


Fig. 5.12 – Diagrama vitezei critice

- Configurarea instalației de dragaj, respectiv poziția pompei în raport cu capul de sucțiune, traseul şi dimensiunea tubulaturii este importantă pentru alegerea tipului de pompă. Se poate opta pentru una din variantele:

- pompa în corpul drăgii amplasată sub linia de plutire (Fig. 5.13)
- pompa imersată la capătul elindei; această ultimă configurație se utilizează atunci când adâncimea de dragare este mare şi sarcina pe aspirație ar creşte prea mult dacă se utilizează cealaltă soluție de amplasare.

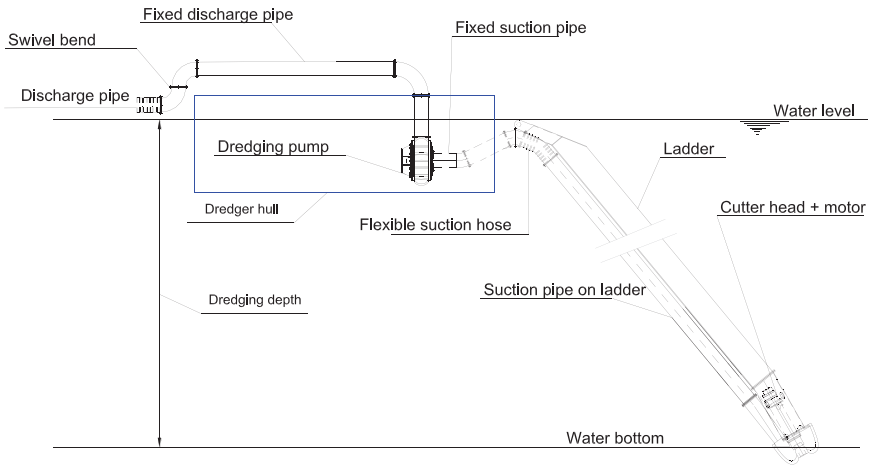


Fig. 5.13 – Schema instalației de dragare cu pompa de dragaj în corpul drăgii

- Cunoscând debitul pompei şi configurația instalației, presiunea de lucru a pompei, se poate determina sarcina pompei. Aceasta este dată de suma sarcinii pe aspirație, a înălțimii şi presiunii de refulare la capătul conductei şi de pierderile hidraulice pe traseu. Se va ține cont de densitatea amestecului şi de viteza critică necesară. În ceea ce priveşte sarcina pe aspirație în cazul pompei montate în corpul drăgii, deşi pompa lucrează înecată apare efectul diferenței de densitate dintre amestecul din conductă şi apa din exterior. Astfel pe lângă pierderile hidraulice din conducta de aspirație se adaugă o sarcină suplimentară pe aspirație $S = g\ H\ (\rho_{amestec} - \rho_{apa})$ unde H este adâncimea capului de dragare față de pompă. Această sarcină suplimentară face ca soluția cu pompa amplasată în corpul drăgii să nu fie efectivă pentru adâncimi de dragare mai mari de 12-18 m.
- După configurarea instalației şi alegerea pompei se întocmeşte diagrama de productivitate (Fig. 5.14). Această diagramă oferă operatorului informații privind productivitatea dragajului în raport cu tipul de material dragat (dimensiunea particulelor de solid), înălțimea şi distanța de refulare.

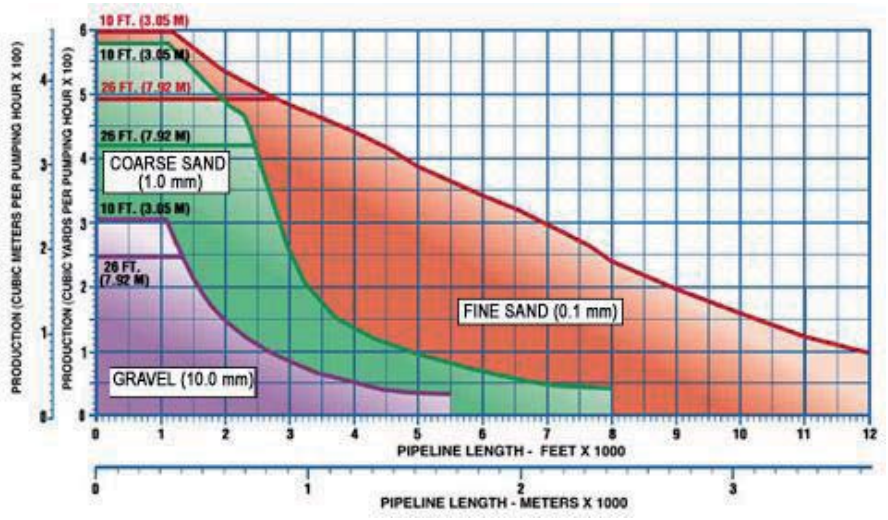


Fig. 5.14 – Curba de productivitate a pompei Elicot 670 (418 kW) în funcție de granulația materialului, înălțimea de refulare şi distanța de refulare (conducta DN 356)

Din diagrama 5.14 se observă influența diferiților factori asupra productivității şi anume productivitatea (cantitatea de material dragat pompată în unitatea de timp) scade atunci când granulația, înălțimea de refulare şi distanța de refulare cresc.

Un alt aspect ce condiționează productivitatea este concentrația de solid în amestec. În acest caz dependența nu este proporțională. Un amestec sărac în material solid înseamnă un debit crescut (mai multi metri cubi pe oră de amestec), dar o cantitate unitară (t solid / m^3 amestec) mai mică.

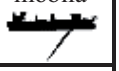
Modificarea concentrației se realizează prin modificarea apăsării capului de dragare şi a vitezei de deplasare a acestuia. Concentrația optimă va fi stabilită de la caz la caz de dragor pe baza experienței şi informațiilor din sistemul de monitorizare a dragajului.

Utilizarea echipamentelor de dragare pe tipuri de drăgi

Tipurile de drăgi se diferențiază în principal prin metoda de dragaj şi implicit prin tipul echipamentelor specifice instalate (tabelul 5.1)

Echipamente de dragare pentru diferite tipuri de drăgi

Tabel 5.1

	Draga cu cupe	Draga cu graifăr	Draga cu excavator	Draga cu sucțiune	Draga cu afânător	Draga aspirantă mobilă 
Poziționarea drăgii	Ancore de papionaj	Ancore de papionaj	Piloni	Piloni, combinat	Piloni, combinat	Fără
Brațul de dragare	Elinda oscilantă vertical	Braț de macara	Braț excavator	Elinda oscilantă vertical (orizontal)	Elinda oscilantă vertical (orizontal)	Elinda oscilantă vertical
Tăierea solului	Cupe	Graifăr	Cupa excavator	Fară sau afânător cu jet de apă	Afânător (diverse) Cap tăiere	Fără sau Afânător
Ridicare material dragat	Tren de cupe	Graifăr	Cupa excavator	Pompa	Pompa	Pompa
Transport material dragat	Nave auxiliare	Nave auxiliare	Nave auxiliare	Conducta Nave auxiliare	Conducta Nave auxiliare	Mijloace proprii (hopper)

5.4 Selecția tipului de dragă

Selecția tipului de dragă este determinată de cerințele locale ale zonei de dragare. Aceste condiții se concretizează în:

- tipul de sol
- scopul dragajului
- productivitatea
- acuratețea dragării
- condiții de mediu
- logistica necesară
- restricții

În funcție de aceste condiții se va selecta un anumit tip de dragă astfel încât activitatea să fie cât mai eficientă economic şi tehnic.

Înainte de decizia privind alegerea tipului de dragă şi de stabilire a condițiilor privind contractul de dragare este importantă şi necesară efectuarea unui studiu care să clarifice aspectele enumerate mai sus. Ignorarea chiar şi a unor aspecte

minore poate conduce la eşecul operațiunii de dragaj sau la întârzieri şi pierderi economice.

Tipul de sol

Caracteristicile solului sunt dominante în cadrul procesului de dragare. Diferitele dispozitive de tăiere şi manipulare a materialului dragat sunt diferențiat adaptate tipurilor de sol. Înainte de începerea dragării este necesară prelevarea de mostre de sol şi selecția echipamentului optim pentru respectivul tip de sol. Capabilitatile diferitelor tipuri de drăgi pe diferite tipuri de sol este prezentată în tabelul 5.2.

Aplicabilitatea tipurilor de drăgi pentru diferite tipuri de sol *Tabel 5.2*

	Draga cu cupe	Draga cu graifăr	Draga cu excavator	Draga cu sucțiune	Draga cu afânător	Draga aspirantă mobilă
Soluri magmatice	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu
Soluri metamorfice	Nu	Nu	Mediu	Nu	Mediu	Nu
Soluri sedimentare	Mediu	Nu	Bine	Nu	Mediu	Nu
Roci sparte	Bine	Nu	Bine	Nu	Bine	Nu
Soluri nisipoase compacte	Bine	Mediu	Bine	Nu	Bine	Mediu
Soluri argiloase	Mediu	Nu	Mediu	Nu	Mediu	Mediu
Lignit, turba	Bine	Mediu	Bine	Nu	Bine	Nu
Bolovani	Mediu	Nu	Bine	Nu	Nu	Nu
Pietriş	Bine	Bine	Bine	Mediu	Bine	Bine
Nisip	Bine	Bine	Bine	Bine	Bine	Bine
Nămol	Mediu	Mediu	Mediu	Bine	Bine	Bine

Scopul dragajului (tabel 5.3)

Acțiunea de dragaj poate avea mai multe scopuri:

- menținerea adâncimii şi lățimii pe căile navigabile; sunt recomandate drăgi cu productivitate mare, posibilitate de deplasare rapidă, şi care să stânjenească cât mai puțin navigația

- extragerea de obstacole subacvative (bolovani, copaci, resturi de epave): sunt recomandate drăgi cu posibilitate de poziționare precisă şi capacitate de manevră a obiectelor mari
- săparea de canale noi: sunt recomandate drăgi cu capacitate de lucru în soluri compactate şi cu precizie mare de dragare
- extragerea de material de construcție de pe fundul apei: sunt recomandate drăgi cu productivitate mare, posibilitate de deplasare rapidă şi sisteme eficiente de transfer a materialului dragat.
- minerit prin extragerea de filoane de minereuri de pe fundul apei: sunt recomandate drăgi cu precizie mare a dragajului şi posibilitatea de lucru în soluri compacte

Aplicabilitatea tipurilor de drăgi pentru diferite destinații *Tabel 5.3*

	Draga cu cupe	Draga cu graifăr	Draga cu excavator	Draga cu sucțiune	Draga cu afânător	Draga aspirantă mobilă
Mentenanța căi navigabile	Mediu	Slab	Slab	Slab	Bine	Mediu
Extragere de obstacole	Nu	Bine	Mediu	Nu	Nu	Nu
Săpare de canale noi	Bine	Nu	Mediu	Nu	Bine	Nu
Extragere material	Mediu	Slab	Slab	Mediu	Bine	Bine
Minerit	Mediu	Nu	Bine	Nu	Bine	Mediu

Acuratețea dragării (tabel 5.4):

Prin acuratețea dragării se înțelege capabilitatea drăgii de a realiza:

- poziționarea precisă a drăgii
- reglajul foarte bun al adâncimii de dragare şi a poziționării orizontale a capului de dragare
- minimizarea cantității de disperie, pierdere şi reziduuri remanente ale materialului dragat

Acuratețea dragării este importantă în lucrări de minerit, proiecte de mediu, extragerea de straturi subțiri de material de construcție, etc. în scopul de a limita cantitatea de steril extrasă odată cu materialul util.

Productivitatea (tabel 5.4):
Productivitatea – cantitatea de material dragat în unitatea de timp – este un factor important în alegerea tipului de dragă. A se ține cont însă că – cel puțin la drăgile hidraulice – productivitatea este puternic influențată de tipul de sol. Pe de altă parte, drăgile mecanice au avantajul ca materialul dragat este ”uscat” având un conținut redus de apă.

Condiții de lucru pentru diferite tipuri de drăgi *Tabel 5.4*

	Draga cu cupe	Draga cu graifăr	Draga cu excavator	Draga cu sucțiune	Draga cu afânător	Draga aspirantă mobilă
Acuratețea dragării	Bine	Slab	Bine	Slab	Mediu	Mediu
Productivitate	Mediu	Slab	Slab	Bine	Bine	Bine
Dragaj off-shore (valuri)	Nu	Slab	Mediu	Slab	Slab	Bine
Dragaj în curent	Mediu	Mediu	Bine	Mediu	Mediu	Bine
Adâncime de dragaj (m)*	25 (40)	>100	10 (25)	50	30	70 (150)
Logistica necesară	Nave de manevră Șalande	Nave de manevră Șalande	Șalande	Șalande sau conducte	Șalande sau conducte	Indepen-dentă

* Nota: sunt indicate adâncimi maxime; în ( ) sunt trecute valori excepționale

Condițiile de mediu (tabel 5.4):
Condițiile de mediu - valuri, vânt, curent, maree, adâncimea de dragare, etc. pot influența decisiv alegerea tipului de dragă. Sunt importante aici calitățile sistemului de poziționare a drăgii, lungimea brațului de dragare, calitățile de seakeeping a corpului drăgii, etc.

Logistica necesară (tabel 5.4):
Prin logistica necesară se înțeleg echipamentele auxiliare necesare desfăşurării activității de dragaj. Astfel:

- drăgile fixate cu ancore de papionaj au nevoie de nave de asistență care să ajute draga la deplasare şi manevra ancorelor
- drăgile mecanice au nevoie de nave de transport a materialului dragat (şalande, barje)
- drăgile hidraulice – în cazul în care nu folosesc şalande – au nevoie de conducte de deversare la mal a materialului dragat, pontoane, stații de pompare suplimentare

Restricţii

La alegerea drăgii trebuie avute în vedere restricţii locale privind:

- navigaţia în zonă (stânjenită de ancore şi conducte)
- condiţii privind deversarea materialului dragat la mal sau în apă
- protecţia mediului – poluare, zgomot (drăgi electrice), tulburarea apei, protecţia faunei şi florei, etc.

5.5 Particularităţile diferitelor tipuri de drăgi

5.5.1 Draga cu cupe

Descriere

Draga cu cupe (Fig. 5.15) este o dragă staţionară mecanică, cu corpul de tip ponton şi prevăzut cu un tren de cupe amplasat pe elindă.

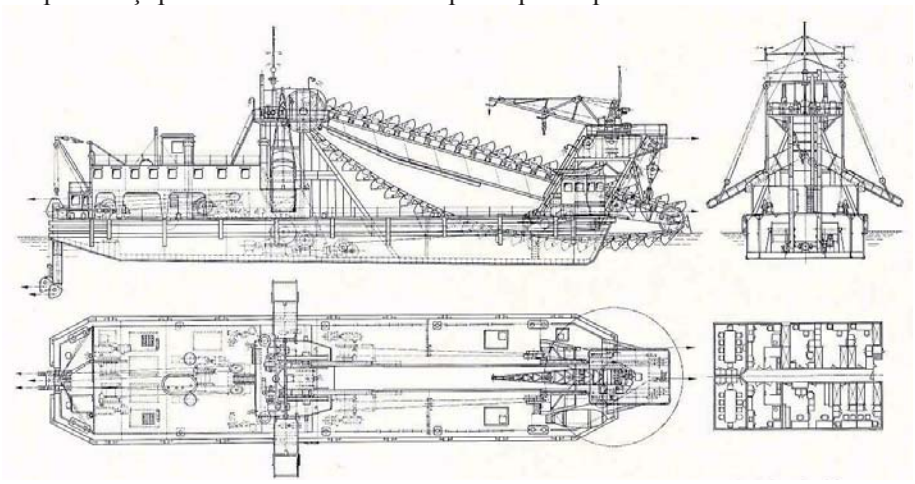


Fig. 5.15 – Draga cu cupe

Corpul drăgii este o construcţie de tip ponton în forma de U. Prin decuparea în corp (numită sliţ) se efectuează mişcarea verticală a elindei. Deoarece echipamentul de dragaj (elinda, trenul de cupe, sistemul de acţionare) este componenta cea mai grea a drăgii, forma de tip U a pontonului permite o amplasare relativ centrală a echipamentului de dragaj, ceea ce asigură o asietă aproximativ dreaptă. Compartimentarea corpului (Fig. 5.16) trebuie să ţină cont de riscul mare de avarie a braţelor U ale pontonului de către obiecte mari antrenate de trenul de cupe, ceea ce înseamnă dublu bordaj la interiorul U-ului, precum şi de necesitatea amplasării în interiorul corpului a spaţiilor necesare pentru maşini, pompe, echipamente, tancuri, etc.

Deoarece draga are variații mari de asietă la poziția jos sau sus a elindei, draga trebuie prevăzută cu tancuri de balast la ambele extremități, tancuri care vor fi utilizate pentru corecția de asietă.

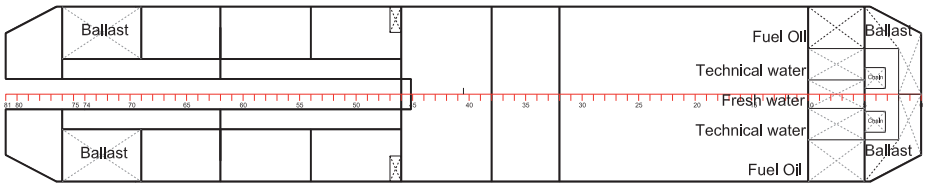


Fig. 5.16 – Compartimentarea corpului la o dragă cu cupe

Elinda (brațul de dragare) este articulată de corpul drăgii la capătul superior şi liberă la capătul inferior astfel încât capătul inferior poate fi ridicat sau coborât. Elinda este ridicată / coborâtă cu vinciul de elindă, vinci amplasat pe o structură de susținere numită garvia elindei (Fig. 5.17 dr.)

Pe elindă sunt amplasate rolele de ghidare ale trenului de cupe. Trenul de cupe (Fig. 5.17 st.) este un lanț cu eclise pe care se montează cupele şi este antrenat de turtoul superior pentagonal (turtou = tambur cu fețe poligonale). La partea inferioară lanțul se întoarce pe turtoul inferior, de cele mai multe ori hexagonal pentru a evita rezonanța. Cupele sunt recipienți metalici cu capacitate între 30 şi 1200 litri prevăzute cu o muchie de tăiere de tip lamelar sau cu dinți. Forma şi dimensiunea cupelor depinde de natura solului pentru care sunt destinate. În timpul rotației trenului de cupe, cupele de la partea inferioară sunt în contact cu solul şi prin mişcarea lor taie solul. Ajunse la partea superioară, cupele se răstoarnă şi golesc materialul dragat în jgheabul de golire (Fig. 5.17 dr.). Prin acest jgheab, materialul dragat cade în şalanda (barja) acostată la dragă.

Procesul de dragare este controlat din cabina de comandă a dragajului situată în spatele garviei, deasupra trenului de cupe pentru o vizibilitate optimă (Fig. 5.17 dr.).

Fig. 5.17 – Trenul de cupe (st)
Garvia elindei, cabina de dragaj, turtoul superior şi jgheabul de golire (dr)

Poziționarea drăgii şi mişcarea drăgii cu elinda pe timpul dragajului este asigurată de sistemul de ancore de papionaj (vezi 5.3). Elinda nu are posibilitate de mişcare orizontală astfel încât este necesară mişcarea orizontală a întregii drăgi. În situația în care draga lucrează aproape de țărm, unele ancore de papionaj pot fi înlocuite cu ancore terestre.

Echipamente

Alte echipamentele specifice instalate la bordul unei drăgi cu cupe (altele decât cele necesare funcționarii drăgii ca navă) sunt:

Unitatea energetică

Unitatea energetică are rolul de a acoperi nevoile energetice ale navei şi ale instalației de dragaj. Primele drăgi erau acționate cu maşini cu abur (drăgile cu cupe sunt primele tipuri de drăgi apărute), în prezent sistemul cel mai răspândit este diesel-electric, respectiv un grup de diesel generatoare care asigură energie electrică pentru toate mecanismele de la bord. Se mai utilizează şi sistemul diesel-hidraulic.

Acționarea turtoului

Întreg trenul de cupe este pus în mişcare de turtoul superior. Acționarea acestuia se face electric şi mai rar hidraulic. Nu se practică acționarea directă cu motor termic datorită necesității reglării fine a turației şi cuplului mare la turații mici. Acționarea electrică este fie pe curent continuu – cu avantajul unui control foarte bun al cuplului şi turației, fie pe curent alternativ cu avantajul simplificării instalației electrice.

Vinciuri

Pe o dragă cu cupe sunt prezente următoarele vinciuri aferente instalației de dragaj:

- vinciul de elindă – amplasat pe garvie, acesta asigură ridicarea – coborârea elindei. Datorită greutății mari a drăgii, este cel mai mare vinci de pe navă, absorbind circa 25% din puterea sistemului de dragaj. Turația lui este mică (6-10 rpm) pentru a permite o fină ajustare a adâncimii elindei
- vinciurile de papionaj – în număr de 6, acestea acționează liniile de ancorare ale ancorelor de papionaj. Pot fi acționate independent sau printr-un sistem centralizat pentru o mai bună şi mai rapidă poziționare a drăgii. Aceste vinciuri sunt diferite în 4 grupe (Fig. 5.2):
    - vinciurile laterale de prova asigură mişcarea laterală a drăgii; sunt cele mai puternice şi trebuie să asigure o viteză constantă de rotație chiar dacă forțele în liniile de ancorare sunt variabile.

  - vinciurile laterale pupa asigură împiedicarea rotației necontrolate a drăgii; sunt mai mici (circa jumătate putere) decât cele de prova; nu necesită dispozitive speciale de control a turației şi forței din liniile de ancorare
  - vinciul central de prova asigură mişcarea de avans a drăgii atunci când s-a finalizat tăierea unui sector; are aproximativ aceeaşi putere cu vinciurile prova laterale şi asigură o viteză de avans a drăgii de circa 2-3 m/min
  - vinciul central de pupa asigură echilibrarea tensiunii date de vinciul de prova; are aproximativ aceeaşi putere cu vinciul prova dar viteza este mai mare (circa 10 m/min) pentru a putea trage rapid draga înspre pupa în cazul blocării trenului de cupe.
- vinciurile de jgheab – acestea asigură ridicarea şi coborârea jgheaburilor de descărcare în şalanda în funcție de înălțimea şalandei în raport cu draga; totodata cu aceste vinciuri se ridică jgheaburile în poziție verticală în timpul transportului drăgii pentru a reduce gabaritul lateral.
- vinciurile de manevră şalandă – sunt amplasate în ambele borduri şi au rolul de a asigura deplasarea şalandei înainte-înapoi relativ la dragă, în scopul distribuirii uniforme în sens longitudinal a materialului dragat în şalanda pe timpul încărcării; pentru manevră, într-un bord, se pot utiliza fie două vinciuri, unul vira unul maina, fie un singur vinci cu doua tobe sincronizate.

Pompe

Pe lânga pompele obişnuite pe o navă (balast, santină, incendiu, etc.), la dragă mai sunt necesare:

- pompa de turtou care are rolul de a aduce apa sub presiune la turtoul superior pentru lubrefierea şi răcirea lagărului; debitul este de 10-20 m^3/h funcție de dimensiunea turtoului şi presiunea de lucru de circa 5-7 bari
- pompa de spălare jgheburi are rolul de a îndepărta materialul dragat de pe jgheaburi în situația în care acestea au o înclinare insuficientă şi când se dragheaza materiale argiloase care se lipesc de deversoare; apa de spălare este îndepărtată înainte de deversarea în şalandă pentru a evita acumularea de apă în şalandă.

Utilizarea drăgilor cu cupe

Drăgile cu cupe sunt potrivite pentru excavarea a aproape oricărui tip de sol, de la nămol la roci sparte. Este frecvent utilizată la minerit şi extragerea de material de construcție din albia râurilor. Adâncimea de dragare este de până la maxim 30 m în funcție de lungimea elindei, dar în acelaşi timp

adâncimea minimă este limitată de necesitatea ca elinda să aibă în timpul dragării un unghi în jurul valorii de 45 grade, în caz contrar dragarea nu mai este eficientă sau chiar se blochează. Cupele sunt proiectate să aibă gradul maxim de umplere la unghi de 45 grade, unghi care corespunde adâncimii standard de dragare. În cazul în care unghiul elindei este diferit, gradul de umplere al cupelor scade şi implicit productivitatea drăgii se reduce (Fig.5.18).

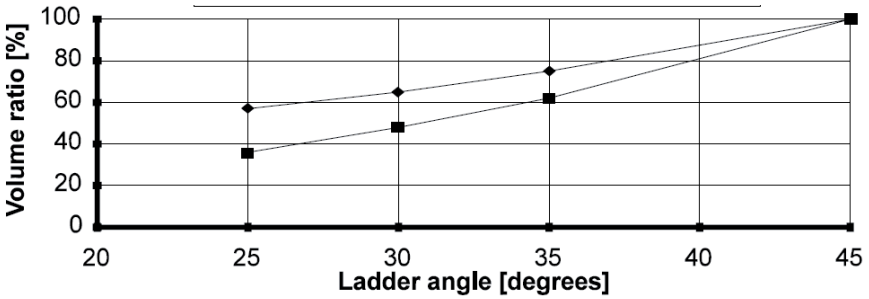


Fig. 5.18 – Modificarea gradului de umplere a cupelor cu unghiul elindei

Draga cu cupe nu funcţioneaza în regim de valuri, dar se comportă bine în curent. Este însă afectată la dragajul în zone unde se pot găsi obiecte mari (copaci, structuri metalice, resturi de epave) care antrenate de trenul de cupe pot avaria corpul şi sistemul de dragaj.

Datorită cablurilor ancorelor de papionaj reprezintă un obstacol pentru navigaţie.

Nu este recomandată în zonele locuite sau în parcuri ecologice datorită zgomotului foarte mare pe care îl face în funcţionare. Necesită nave de asistenţă pentru mutarea ancorelor şi pentru transportul materialului dragat.

Productivitatea

Comparativ cu drăgile hidraulice, productivitatea este scăzută. Productivitatea drăgii scade la excavarea unor tipuri de sol; la nămol şi nisip fin o parte din material este spălat pe timpul ridicării, iar la argilă deversarea nu este completă deoarece o parte din material rămâne lipit de cupe. Faţă de drăgile hidraulice are însă avantajul că materialul excavat nu este amestecat cu apa. Un element defavorizant în aprecierea productivităţii îl reprezintă conlucrarea cu navele de asistenţă şi de transport a materialului dragat. Trebuie avut în vedere că din această cauză dragajul este întrerupt pe perioada mutării ancorelor şi pe perioada manevrelor de plecare-acostare la dragă a şalandelor. În plus, din diferite motive, frecvenţa şalandelor nu se poate sincroniza cu ritmul de dragare apărând astfel timpi morţi de aşteptare.

5.5.2 Draga cu graifăr

Draga cu graifăr (Fig. 5.19) este în fapt o macara plutitoare dotată cu graifăr adaptat tipului de material excavat şi la care cablurile de coborare / ridicare a sarcinii sunt suficient de lungi ca să permită coborârea graifărului la adâncimea dorită. Sistemul de poziționare poate fi cu ancore (nu neaparat tip papionaj), pe piloni sau pe poziționare dinamică. De menționat că prin dinamica dragajului, acest tip de dragă nu induce forțe din dragaj în sistemul de poziționare, ci numai din inerția la rotație a brațului.

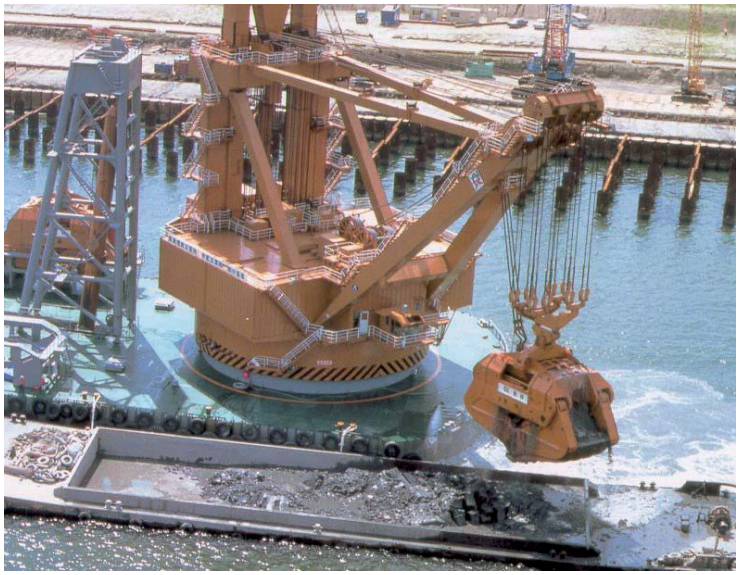


Fig. 5.19 – Cea mai mare dragă cu graifăr din lume (volum graifar 200 m^3)

Procesul de dragare la acest tip de dragă este discontinuu şi ciclic în secvența de mişcare a graifărului: coborâre – închidere – ridicare – rotație deasupra şalandei – coborâre – deschidere (descărcare) – rotație deasupra locului de dragare (Fig. 5.20). Productivitatea este destul de redusă datorită procesului discontinuu şi timpului necesar cu manevra graifărului.
Graifărul este prevăzut cu două sisteme de cabluri, unul pentru ridicare-coborâre şi unul pentru închidere-deschidere. Pentru a evita rotirea necontrolată a graifărului, sistemul de cabluri de ridicare coborâre este format din mai multe cabluri distanțate între ele.
Acest tip de dragă este potrivit pentru dragajul la mare adâncime, dragaj pentru săparea de gropi, dragaj în locații cu varietate mare a tipului de material, dragaj

în zona cheului unde sunt prezente resturi, obiecte mari, sârme, etc. Se comportă foarte bine la dragajul în condiții de valuri sau maree.

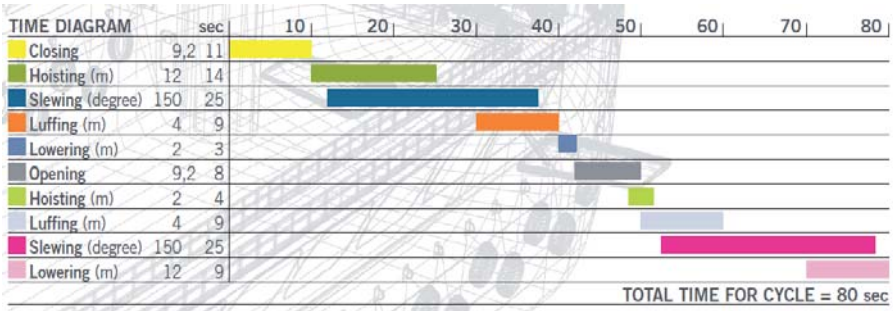


Fig. 5.20 – Exemplu de diagramă a ciclului de dragare la o dragă cu graifăr (Liebherr)

5.5.3. Draga cu excavator

Drăgile excavator constau într-un braț de excavator amplasat pe un ponton.

Fig. 5.2 – Draga excavator amfibie, păşitoare

Cupa de excavator poate fi adaptată diferitelor tipuri de sol, inclusiv cupe pentru dragarea vegetației. Capacitatea cupei poate ajunge până la 20 m^3. Poziționarea drăgii este asigurată de piloni de fixare. În general se folosesc trei

piloni, doi pentru fixare şi unul pentru avans. Datorită modalității de dragare, forțele de reacțiune din capul de dragare (cupa) se transmit integral în sistemul de fixare, acest lucru trebuie avut în vedere la dimensionarea pilonilor. Uneori pilonul de fixare poate lipsi, iar avansul este asigurat prin tractarea pe brațul de dragare. Pe acest tip de dragă, datorită folosirii brațului ca element de sprijin şi de avans se pot realiza configurații deosebite, inclusiv drăgi păşitoare care se pot deplasa atât pe apă cât şi pe uscat (Fig. 5.21)
Draga cu excavator este un tip de dragă potrivit pentru săparea sau curățarea de canale, pentru minerit, pentru curățarea mlaştinilor şi pentru dragajul de precizie. După modul de dragare se deosebesc în dragare spre înainte (fron shovel) sau dragare spre înapoi (backhoe). Dragarea spre înainte se foloseşte atunci când adâncimea apei este insuficientă pentru corpul drăgii (Fig. 5.22).

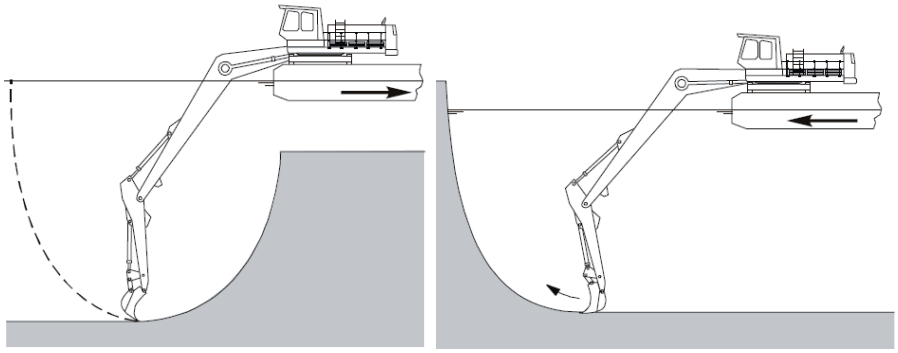


Fig. 5.22 – Modalități de avans a drăgii excavator Backhoe (st) – Front shovel

Adâncimea de dragare este condiționată de lungimea brațului, în general până la 15 m. Datorită procesului de dragare dicontinuu, productivitatea este mică.

5.5.4. Draga cu sucțiune

Draga cu sucțiune – cu sau fără afânător – este o dragă staționară de tip hidraulic la care metoda de dragaj se bazeaza pe absorbția amestecului apă-sol dragat de către pompa de dragaj şi refularea prin conducte a amestecului la mal sau la şalandă. Componentele principale ale unei astfel de drăgi sunt (Fig. 5.23, 5.24):

- Echipamentul de dragare: afânătorul – conducta de sucțiune – pompa de dragaj – conducta de refulare
- Sistemul de poziționare şi avans al drăgii – piloni (de fixare şi de avans) – ancore de elindă

- Sistemul de poziționare a capului de dragare – elinda – sistemul de acționare al elindei (cilindri hidraulici sau vinciurile de elindă)
- Draga ca navă: corpul central – corpurile laterale – cabina de comandă – grupul energetic – sisteme de bord şi punte.

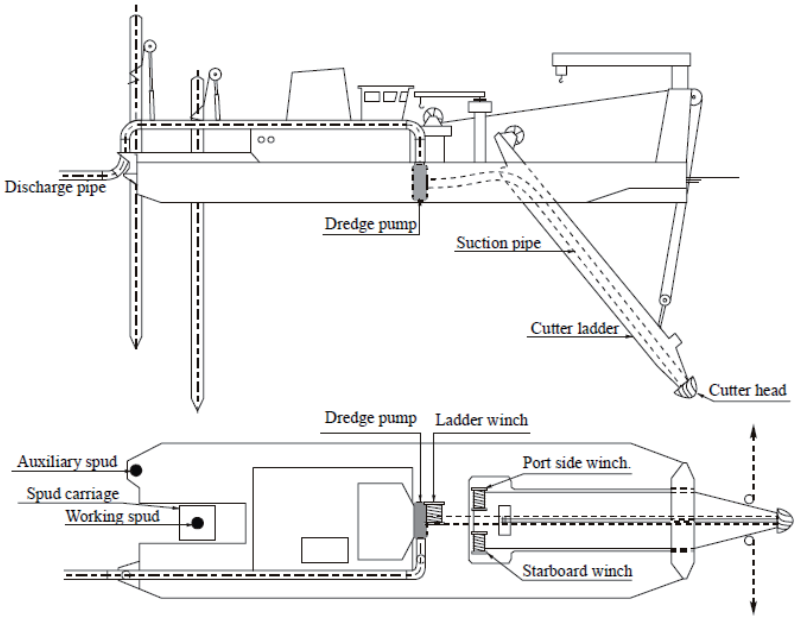


Fig. 5.23 – Componentele principale ale drăgii cu sucțiune cu elinda fixă

Dragajul se realizează strat dupa strat astfel:

- Prin mişcare de rotație orizontală a capului de dragare (baleiere) se decupează un strat; grosimea stratului este în funcție de tipul de sol şi de dimensiunea capului de dragare. Dacă este nevoie, prin rotație orizontală inversă se decupează al doilea strat prin mărirea adâncimii capului de dragare, ş.a.m.d. Mişcarea de rotație orizontală se realizează fie:
  a) în jurul unui pilon prin tragere pe ancore cu vinciurile de elindă (drăgi cu elinda fixă, Fig. 5.23); în acest caz, draga stă fixată într-un singur pilon şi în ancorele de elindă
  b) prin păstrarea fixă a poziției drăgii pe piloni şi rotirea elindei cu ajutorul cilindrilor hidraulici (drăgi cu elinda oscliantă – Fig.5.24); în acest caz draga stă fixată pe minim doi piloni
- După decuparea numărului de straturi dorite, se ridică elinda şi întreaga dragă avansează cu ajutorul pilonilor de avans. Pentru aceasta se coboară pilonul (pilonii) mobil, se ridică pilonul fix, se acționează sistemul de înaintare al pilonului mobil pe distanța dorită, se coboară

pilonul fix şi se ridică pilonul mobil. Lungimea pasului de avans al drăgii este corelată cu dimensiunea capului de dragare.

- Se coboară elinda şi se reia procesul.
- În cazul drăgilor cu ancore de elindă, după un număr de paşi se întrerupe dragajul şi se repoziționeaza ancorele

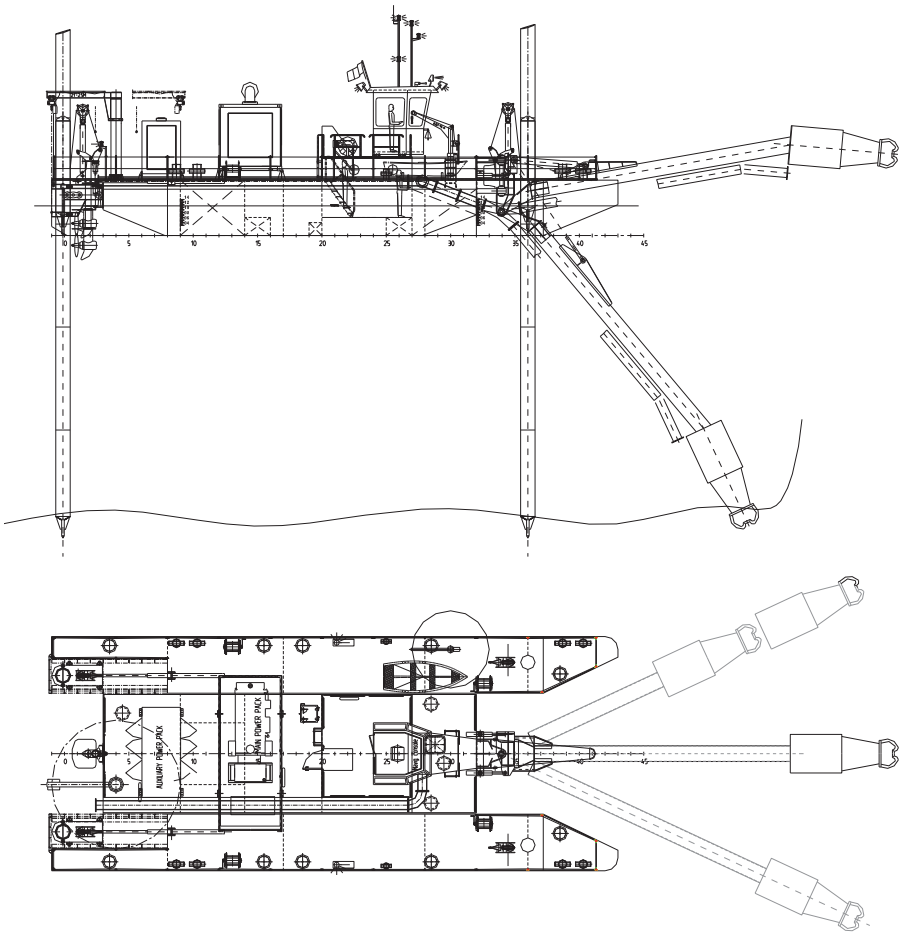


Fig. 5.24 – Draga cu sucțiune cu elinda oscilantă, demontabilă, pompa la capătul elindei

La fiecare baleiere capul de dragare descrie un arc de cerc cu centrul în pilonul fix (draga cu elinda fixă) sau cu centrul în articulație elindei (elinda oscilantă). În primul caz lățimea de dragare poate fi mai mare, dar este oricum limitată de poziția ancorelor elindei.

Productivitatea

Productivitatea drăgii cu sucțiune constă în cantitatea de material solid extrasă în unitatea de timp şi este condiționată de o serie de factori cum ar fi:

- capacitatea pompei de dragaj (şi implicit puterea acesteia); gama de puteri poate varia între 50 şi 5000 kW.
- capacitatea de tăiere a capului de dragaj, de regulă corelată cu capacitatea pompei pentru tipul de sol pentru care este specializat capul de tăiere. În cazul în care se utilizează afânătoare nepotrivite cu tipul de sol, productivitatea drăgii poate scădea dramatic. Pe de altă parte trebuie avut în vedere ca circa 20-30% din materialul dislocat de afânator nu este absorbit de pompă şi rămâne în apă sub forma de suspensie.
- concentrația de solid în amestec este impusă de tipul de sol dar este în acelaşi timp dată de tehnica de dragare, respectiv apăsarea pe capul de dragare (verticală şi orizontală), de viteza de baleiere, de mărimea pasului, etc.
- materialul dragat influențează prin legătura dintre dimensiunea particulelor solide şi concentrația admisibilă de solid în amestec (Fig. 5.25). Capacitatea în m^3/h a pompei este aproximativ constantă, dar cu creşterea dimensiunii grăuntelui de solid este necesară reducerea concentrației de solid în amestec.
- distanța de refulare influențeaza productivitatea (m^3/h) prin introducerea de pierderi hidraulice în sistem care diminueaza debitul (Fig.5.25).

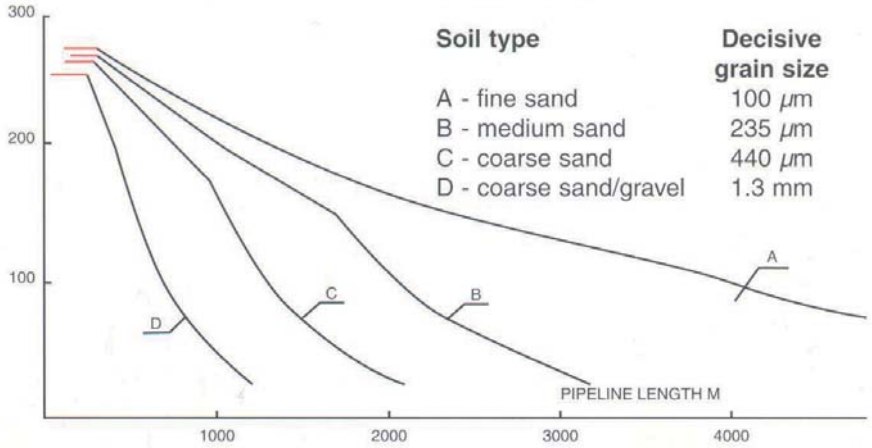


Fig. 5.25 – Dependența productivității funcție de materialul dragat şi distanța de refulare Draga IHC 425

Adâncimea de dragare

Adâncimea de dragare este un parametru de proiectare esențial. Spre deosebire de drăgile cu cupe, draga cu sucțiune acoperă un domeniu mai larg de adâncimi operaționale. Reglarea adâncimii se face prin modificarea unghiului de înclinare al elindei. Acest unghi poate fi cuprins între -5° şi + 75°.

Unghiul minim (-5°) este necesar pentru a permite scoaterea elindei din apă în vederea inspecției capului de dragare. Totuşi, din punct de vedere operațional sunt limitări de adâncime minimă şi maximă. Adâncimea minimă este limitată de înclinarea capului de dragare față de fund (Fig.5.26), unghiul γ este necesar a fi mai mare de 5°.

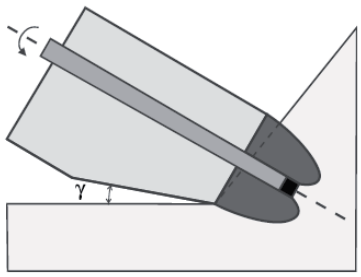


Fig. 5.26

Pentru a mări unghiul în condiția dragajului la adâncimi mici, brațul elindei poate fi frânt înainte de capul de dragare.

În ceea ce priveşte adâncimea maximă, stabilirea acesteia se face ținând cont de două limitări:

- rezistența structurală a elindei şi în special a pilonilor de fixare, a căror solicitare creşte proporțional cu adâncimea de dragare
- capacitatea de aspirație a pompei, la adâncimi peste 12-15 m fiind necesară amplasarea pompei la vârful elindei (v. paragraful "pompa de dragaj").

Lățimea de dragare

Un element important în carateristica funcțională a drăgii o costituie lățimea zonei de dragare. Lățimea acestei zone se realizează prin baleierea capului de dragare fie prin mişcarea oscilantă a elindei (cazul drăgilor cu elinda oscilantă), fie prin mişcarea oscilantă a întregului corp al drăgii (efectuată cu ajutorul pilonilor şi ancorelor de elindă), fie combinat. La calculul lățimii de dragaj trebuie ținut cont şi de unghiul elindei în plan vertical, cu cât acest unghi este mai mare cu atât lățimea zonei dragate scade.

Forțele din dragaj

În cazul în care draga este prevăzută cu cap de tăiere, acțiunea acestui cap de tăiere asupra solului generează forțe de reacțiune care trebuie considerate în calculul de rezistență al elindei, al pilonilor şi al mecanismelor de acționare a elindei. Forțele din dragaj depind de o serie de factori cum ar fi:

- puterea capului de tăiere

- raza de rotație a elementelor de tăiere
- viteza unghiulară de rotație
- profilul şi starea elementelor de tăiere
- grosimea stratului decupat de capul de tăiere
- tipul de sol

Proiectarea unui cap de tăiere nu face obiectul acestui material şi în general nu este în sarcina proiectantului de drăgi. De regulă se alege echipamentul de dragare în funcție de productivitatea dorită şi de tipul de sol, în acest caz din datele tehnice ale capului de dragare, se extrag puterea, diametrul şi turația capului de tăiere.

Ca exemplu pentru productivitatea de 200 m^3/h solid, sol nisipos 500 μm, se poate alege pompa IHC 600-150-240 (177 kW) în asociere cu capul de tăiere IHC 830-50 cu putere de 30 kW, diametru 830 mm şi turație 35 rpm.

Forța tangențială în capul de tăiere este $T = P/\omega R = 60P/(\pi nD)$ [kN], unde:

- P = puterea la capul de tăiere [kW]
- n = turația [rpm]
- D = diametrul capului de tăiere [m]

Pentru dimensionarea elementelor drăgii, la calculul forțelor induse de capul de dragaj se poate accepta că forțele sunt limitate de puterea disponibilă, astfel încât forțarea capului de tăiere (strat mai gros, soluri mai dure, etc.) nu va creşte forța de reacțiune, ci va bloca sistemul din lipsă de putere. Pe de altă parte se poate considera ca forțele de reacțiune sunt proporționale cu forța de tăiere T, coeficienții de proporționalitate – determinați statistic şi experimental – fiind:

- Forța axială (în lungul elindei) Fa = Ca T cu Ca = 0.4
- Forța orizontală (perpendicular pe elindă) Fh = Ch T cu Ch = 1.0
- Forța verticală (perpendicular pe elindă) Fv = Cv T cu Cv = 0.9

Aceste forțe Fa, Fh şi Fv trebuie să poată fi asigurate de sistemul de acționare al elindei ca apăsare pe capul de tăiere, în caz contrar dragajul nu este eficient. În acest sens în cazul drăgilor a căror elindă este apăsată pe sol doar prin propria greutate, este necesar ca elinda să aibă o greutate minimă pentru realizarea forței Fv.

5.5.5. Draga aspirantă mobilă

Draga aspirantă mobilă (Trailig Suction Hopper Dredger – TSHD) este o navă maritimă sau fluvială de tip dragă cu sucțiune, autopropulsată, prevăzută cu o magazie de transport material dragat (hopper) şi cu o instalație de încărcare şi descărcare a acestei magazii. În varianta standard o astfel de dragă este echipată cu următorul echipament de dragare (Fig. 5.27)

- una sau mai multe brațe de dragare echipate cu afânător şi țeava de sucțiune
- pompa (pompele) de dragaj
- magazie de stocare a materialului dragat
- tubulaturi de încărcare a magaziei
- sistem de deversare în cazul supra-încărcării magaziei
- sistem de descărcare a magaziei (split, porți de fund, roată cu cupe, graifăr, etc.)
- gruie de manevră a brațului de dragare (ridicare, coborâre, stocare la bord)
- compensatoare ale mişcărilor verticale ale navei în raport cu fundul mării pentru a menține capul de dragare în contact cu fundul.

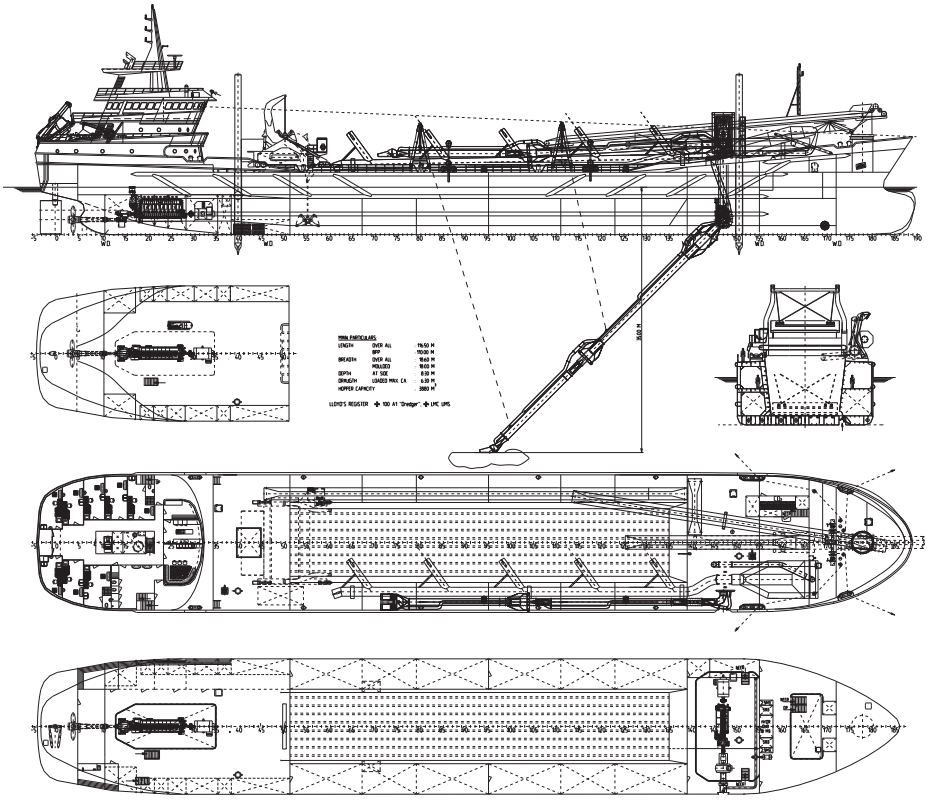


Fig. 5.27 – Draga aspirantă mobilă – plan general

Adițional o dragă aspirantă mobilă poate fi prevăzută cu:

- piloni de fixare (draga lucrând astfel ca dragă staționară)
- sisteme adiționale de descărcare (pipeline, raimbow, shore arm, etc.)

Aplicabilitate

Draga aspirantă mobilă beneficiază de o serie de avantaje care permit utilizarea acestui tip de dragă la o gamă largă de aplicații. Dintre principalele avantaje se amintesc:

- mobilitatea drăgii
- posibilitatea de a acționa în condiții de mare deschisă
- absența sistemelor de poziționare care să obstrucționeze şenalul
- posibilitatea de adaptare a capetelor de dragare la diferite tipuri de sol
- capacitatea mare de încărcare
- timpul scurt de descărcare şi versatilitatea modalităților de descărcare
- productivitatea mare

Acest tip de dragă este utilizată în principal la lucrări de extragere şi colectare de material de construcție, în special nisip. Datorită adâncimii mari de dragare şi a comportării bune pe valuri şi capacității mari de transport, dragarea poate fi făcută în zone îndepărtate de țărm unde utilizarea altor tipuri de drăgi nu ar fi posibilă. Sunt de menționat lucrările din Emiratele Arabe, în principal Dubai, lucrări care ar fi fost de neconceput fără acest tip de navă. Se mai utilizează la mentenanța canalelor navigabile, în special a celor cu trafic intens, inclusiv porturi. Draga aspirantă mobilă poate fi utilizată cu rezultate excelente la soluri fragmentate cu granulație mică şi medie (nisip pietriş, nămol) şi cu rezultate bune la solurile compacte moi. La solurile de tip rocă spartă rezultatele sunt slabe. Nu se poate utiliza la soluri compacte dure.

Performanțe

Din punct de vedere al performanțelor, drăgile aspirante mobile acoperă o gamă foarte largă. Principala caracteristica a TSHD o reprezintă capacitatea de încărcare a magaziei, exprimata în m^3. În general, toate celelalte caracteristici – deadweight, dimensiuni, putere instalată, capacitatea pompei de dragaj, adâncimea de lucru, etc. – sunt corelate în limite destul de înguste cu capacitatea de încărcare. Există drăgi cu capacități de la 200 m^3, la peste 45 000 m^3 şi lungimi de la 30 m la peste 220 m. Pentru clasificarea după capacitate se utilizează termenii:

Drăgi mici	< 5000 tdw
Drăgi medii	5000 – 10000 tdw
Drăgi mari	10000 - 15000 tdw
Drăgi Jumbo	15000 – 25000 tdw
Drăgi Mega	> 25000 tdw

Notă: Pentru o corelare (aproximativă) a capacității magaziei în m^3 şi a capacității de încărcare în tdw, se poate utiliza relația [$tdw = m^3/\rho$], unde ρ=1.6..1.8 este densitatea medie (t/m^3) a materialului transportat

Adâncimea de dragaj variază de la 8-10 m la peste 150 m, iar productivitatea de aspirare- refulare poate depaşi 15000 t/h la drăgile Mega.
Ca şi principiu fundamental de funcționare, TSHD funcționeaza ca orice dragă cu sucțiune, respectiv:
- capul de dragare afânează solul şi creează amestecul (spoil)
- pompa de dragaj aspiră amestecul şi îl refuleaza prin conducte

Specific TSHD sunt următoarele aspecte:
- dragajul se efectueaza în mers, viteza navei în timpul dragajului fiind de circa 3 noduri
- încărcarea materialului dragat se face în magazia navei
- golirea magaziei se face prin sistemele de descărcare proprii ale navei

Legat de aceste particularități, rezultă câteva cerințe specifice TSHD:
- capul de dragare cu lățime mare
- brațul de dragare cu lungime şi flexibilitate suficientă pentru a draga la adâncimi diferite
- existența unui compensator pentru variațiile de adâncime (swell compesator)
- sistemul de încărcare în magazia navei să permită sedimentarea materialului dragat şi îndepărtarea excesului de apă; acest sistem trebuie să asigure şi protecția la supra-încărcarea magaziei
- sistemul de descărcare al magaziei să asigure descărcarea rapidă prin diferite modalități: deversare prin porți de fund, descărcare la mal, descărcare prin conducte, etc.
- existența unui sistem performant de control al dragajului care să acopere următoarele funcții:
  - analiza în timp real a compoziției materialului dragat
  - poziționarea precisă a navei şi a capului de dragare
  - informarea operatorului asupra principalilor parametri de siguranță – bord liber, stabilitate, rezistența lungitudinală

Capul de dragare

Capul de dragare are rolul de a excava materialul dragat şi de a crea amestecul apă-sol în vederea aspirării de către pompa de dragaj. Capul de dragaj (Fig. 5.28) este amplasat la capătul conductei de sucțiune, articulat de aceasta pentru a permite ajustarea la suprafața solului.
Capul de dragaj poate avea una sau două guri de sucțiune. Gura de sucțiune este prevăzută la partea superioară cu o vizieră care reglează înălțimea fantei de aspirație şi prin aceast reglaj se controlează debitul de apă aspirat şi implicit concentrația amestecului apă-sol (Fig. 5.29). În funcție de sistemul de construcție există diferite tipuri de capete de dragaj, cele mai răspândite fiind tipul Olandez (Dutch type) sau tipul California.

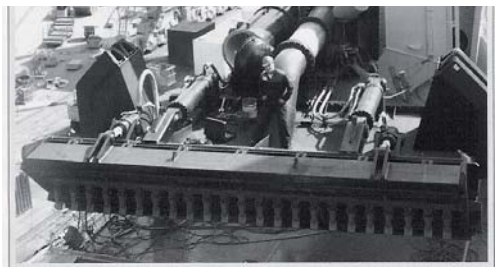


Fig. 5.28 – Cap de dragaj

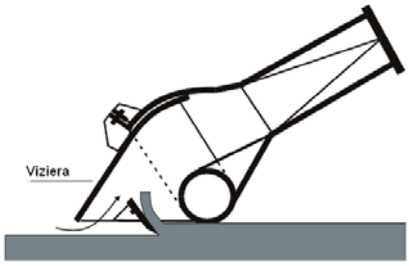


Fig. 5.29 – Viziera

Excavarea se face hidraulic, mecanic sau combinat.
Excavarea hidraulică se face fie prin eroziunea generată de fluxul aspirat de pompă (Fig. 5.30), fie prin jet de apă injectat în zona de dragaj (Fig. 5.31- dr.), jet care are rolul de a disloca solul, fie combinat.

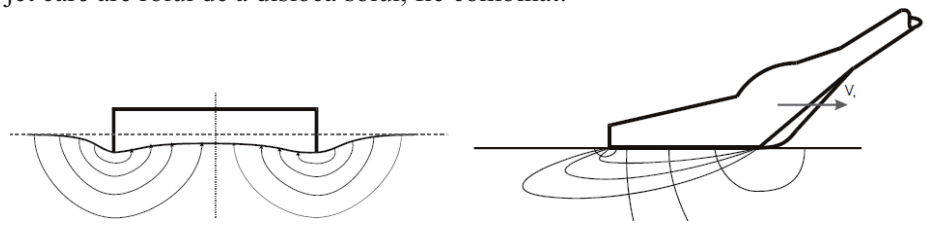


Fig. 5.30 – Zona de eroziune la capul de dragare fără jet (transversal-st. şi longitudinal –dr.)

Excavarea mecanică se face prin decuparea solului cu ajutorul dinților montați pe la partea inferioară (Fig. 5.28 şi Fig. 5.31 st)

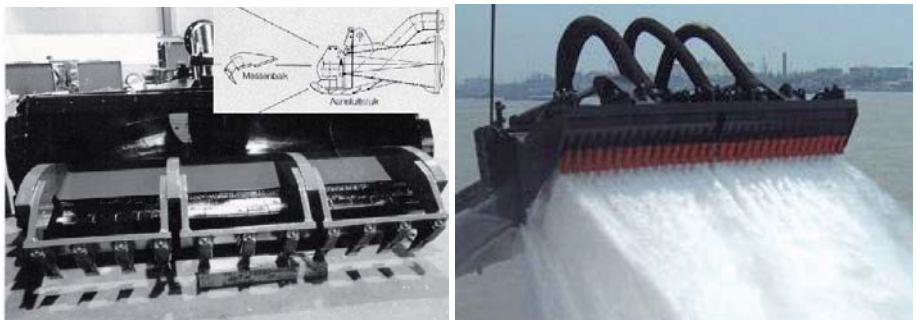


Fig. 5.31 – Capete de dragare – cu dinți (st) şi cu jet (dr.)

Lățimea capului de dragare este corelată cu capacitatea pompei de dragaj şi cu forța de tragere pe care o poate asigura sistemul de propulsie al navei astfel

încât să se obțină productivitatea şi concentrația de amestec dorite la viteza normală de deplasare a capului de dragare de circa 1.5 m/s.
În cazul în care forța de propulsie este excedentară se pot amplasa două brațe de dragare, câte unul în fiecare bord.

Brațul de dragare
Prin intermediul brațului de dragare se asigură:
- reglajul adâncimii de dragaj şi a unghiului de aşezare a capului de dragaj
- apăsarea optimă pe capul de dragare
- susținerea capului de dragare, a conductei de aspirație şi a altor elemente – țevile pentru jetul de afânare, cabluri şi conducte pentru senzori şi acționări, etc.

Brațul de dragare are (în general) următoarele componente (Fig. 5.32)
- brațul superior care realizează prinderea de navă, coborârea / ridicarea / rotirea brațului şi trecerea conductei de aspirație spre pompele de dragaj
- elementul flexibil superior şi intermediar
- zona rigidă intermediară şi inferioară
- lagărul intermediar care permite rotația zonei inferioare în jurul axei brațului pentru reglajul înclinării transversale a capului de dragaj
- elementele de prindere a capului de dragaj

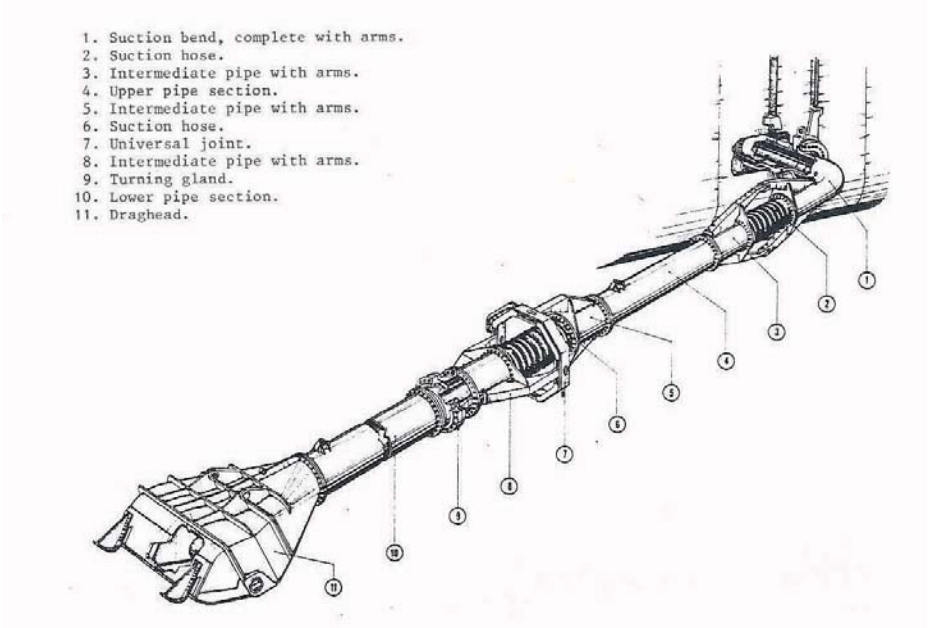


Fig. 5.32 – Componentele brațului de dragare

Constructiv, de cele mai multe ori elementul de rezistență al brațului de dragare îl reprezintă însăşi conducta de aspirație. Lungimea brațului de dragare este dată de adâncimea de dragaj dorită precum şi de posibilitatea de parcare a brațului de dragaj pe puntea navei. TSHD poate fi prevăzută cu unul sau două brațe de dragare.
În marş, brațul de dragare se depozitează pe punte. Lansarea acestuia se face cu 2-4 gruie (pipe gantry) prevăzute cu vinciuri (Fig.5.33). Aceste gruie au forma de A-frame şi se pot bascula în afara bordului. Pe timpul dragajului, brațul de dragare este susținut de aceste vinciuri şi gruie.

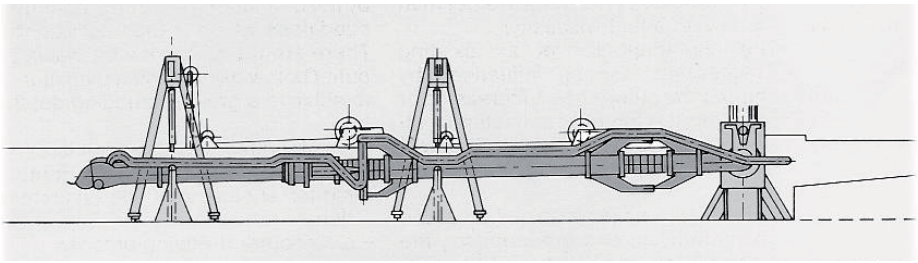


Fig. 5.33 – Brațul de dragare parcat pe punte şi gruiele de lansare

Aducerea brațului de dragare în afara bordului şi coborârea lui necesită ca la capătul superior al brațului să existe un cuplaj (trunnion slide) special care permite rotația şi deplasarea verticală a conductei de aspirație, aceasta în condițiile în care această conductă este cuplată la sistemul de încărcare fix pe nava.

Swell compensator
Un alt element specific brațului de dragare îl reprezintă compensatorul de mişcări verticale (swell compensator) (Fig. 5.34). Acest sistem permite preluarea diferențelor de adâncime produse de mişcările verticale ale navei şi de neregularitățile fundului şi asigură o apăsare relativ constantă pe sol a capului de dragare. Sistemul este inclus în sistemul de ridicare - coborâre a vinciurilor brațului de dragare şi printr-un sistem hidro-pneumatic lungeşte sau scurtează cablurile de susținere a brațului realizând ridicarea-coborârea acestuia astfel încât capul de dragare să fie în contact constant cu solul.

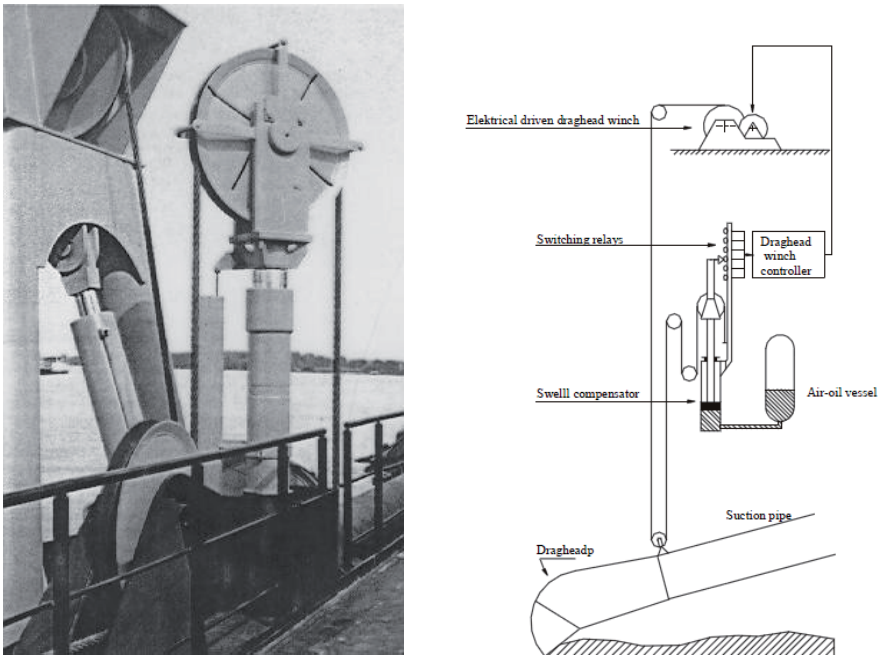


Fig. 5.34 – Compensatorul de mişcare verticală (swell compensator)

Magazia

Caracteristic TSHD este faptul ca materialul dragat se depozitează în magazie (hopper) care are rolul de a reține materialul dragat. Tinând cont de fazele specifice ale încărcării şi descărcării, magazia trebuie să îndeplinescă următoarele condiții:

- Volumul magaziei să fie corelat cu deplasamentul navei la marca de încărcare, astfel încât să se îndeplinească cât mai aproape condiția ca nava să ajungă la capacitatea maximă de transport, iar gradul de umplere al magaziei să fie cât mai apropiat de 100%. Acest lucru depinde de densitatea materialului dragat şi este ajustabil prin sistemul de deversare reglabil dacă există.
- Amplasarea magaziei să fie astfel făcută încât pe parcursul umplerii asieta navei să rămână cât mai apropiată de asieta dreaptă. O amplasare excentrică pe lungime a magaziei va produce variații mari de asietă pe timpul încărcării şi va împieta asupra umplerii uniforme a magaziei şi funcționării sistemului de deversare. Soluția constă în amplasarea magaziei cu centrul de greutate în vecinătatea centrului de plutire de plină încărcare.
- Rapoartele între dimensiunile magaziei (lungime / lățime / înalțime) să favorizeze procesul de sedimentare. Prin aceasta favorizare se înțelege că sedimentarea trebuie să se producă cât mai rapid şi deversările de material

dragat pe parcursul sedimentării să fie cât mai mici. În principiu o magazie lungă, îngustă şi puțin adâncă este favorabilă, totuşi sentința trebuie abordată cu precauție, deoarece alte efecte ale acestei soluții pot aduce dezavantaje.

- Forma magaziei să faciliteze procesul de descărcare în sensul în care:
  - pereții interiori înclinați să permită descărcarea gravitațională prin alunecarea materialului dacă se utilizeaza porți de fund
  - forma secțiunii transversale să fie adaptată echipamentului de descărcare dacă se utilizează roata cu cupe sau încărcator frontal

În cazul drăgilor mari se pot utiliza mai multe magazii, separate atât în sens longitudinal cât şi în sens transversal. În acest fel fiecare magazie este prevăzută cu propriile sisteme de umplere, deversare şi golire.

Sistemul de încărcare

Încărcarea materialului dragat are trei faze principale (Fig.5.35):

- încărcarea amestecului apă-sol până la umplerea magaziei
- continuarea încărcării simultan cu sedimentarea progresiva a amestecului şi eliminarea apei
- finalizarea încărcării după umplerea magaziei cu material dragat şi eliminarea apei

Fig. 5.35 – Fazele încărcării: încărcare spoil (st.); deversare apă (ce.); sedimentarea finală (dr.)

Umplerea magaziei se realizează prin conducte de umplere amplasate de-a lungul magaziei sau prin guri de umplere (Fig. 5.36). Distribuția, poziția pe

înălțime şi unghiul de incidență a acestor guri de umplere se alege astfel încât să se favorizeze procesul de sedimentare.

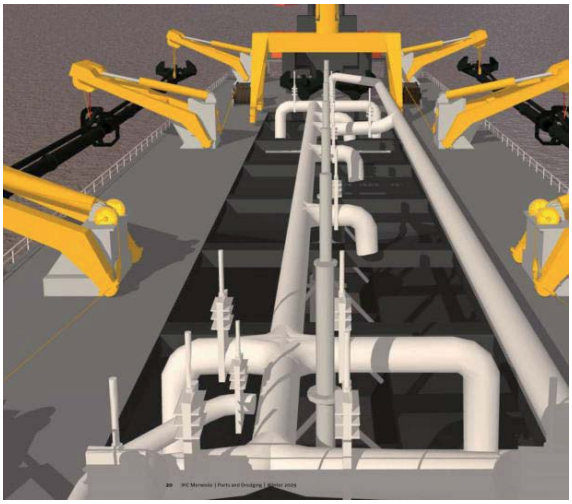


Fig.– 5.36 Sistem de umplere cu difuzor central

Sistemul de prea-plin

Sistemul de prea-plin îndeplineşte două funcții importante:

- asigură limitarea cantității de marfă încărcate (în corelație cu marca de bord liber)
- asigură deversarea apei în exces din amestec diminuând pierderile de material solid şi mărind cantitatea de încărcatură utilă

Fig. 5.37 – Sistem de prea-plin reglabil

Magazia este prevăzută cu unul din următoarele sisteme de deversare a excesului de apă şi a materialul dragat:

- deversare prin guri de deversare în pereții laterali sau în rama magaziei (Fig. 5.38 st.) – se poate utiliza şi deversare peste rama magaziei
- deversare prin conducte de prea-plin ajustabile (Fig. 5.38 dr.; Fig. 5.37)

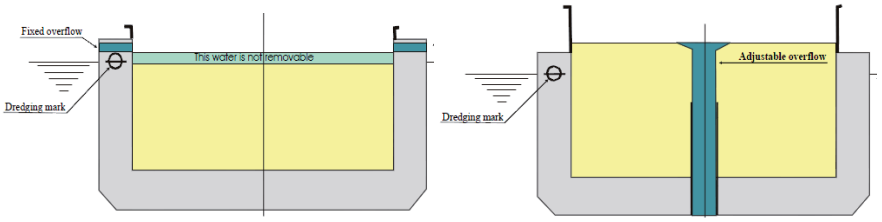


Fig. 5.38 – Sisteme de prea-plin: guri în bord (st.); tub ajustabil pe înălțime (dr.)

Primul sistem este aşa numitul sistem de volum constant, este mai simplu dar are dezavantajul ca la densități de sol mari, deasupra sedimentului va fi un strat de apă care va diminua încărcătura utilă, iar la densități mici magazia va fi plină fără să se atingă capacitatea de încărcare.

Cel de-al doilea sistem – numit şi sistem de deplasament constant – prin ajustarea pe înălțime a gurii de deversare asigură reglarea volumului magaziei şi eliminarea întregului exces de apa indiferent de densitatea materialului solid.

Sistemul de descărcare

Descărcarea magaziei se poate face cu diferite sisteme:

- hidraulic (Fig.5.39); în acest caz în magazie se injectează apa sub presiune şi se generează din nou amestecul apă-sol care este aspirat de pompa de descărcare. Refularea se poate face la o priză de cuplare a unei conducte de refulare (Fig. 5.39 st.) sau pompat sub forma de jet (Fig. 5.39 dr.), aşa numitul sistem "rainbow".

Fig. 5.39 – Sisteme de descărcare: conexiune la tubulatura (st.); rainbow(dr.)

- mecanic prin extragerea mecanică din magazie a materialului dragat. Extragerea se face fie cu roata cu cupe (Fig. 5.40 st.), fie cu încărcător frontal, fie cu graifăr. Pentru descărcarea la mal se poate utiliza un braț cu bandă rulantă așa numitul "shore arm" (Fig. 5.40 dr.)

Fig. 5.40 – Sisteme de descărcare: roata cu cupe (st.); descărcător frontal şi shore-arm (dr.)

- gravitațional prin porți de fund sau hidroclap; mai multe detalii despre acest sistem în capitolul 5.6 - şalande

Sistemul de control al dragajului

Dragajul în general şi dragajul prin sucțiune în mod special este o activitate care necesită un control permanent. Astfel este necesară supravhegherea permanenta a:

- poziției capului de dragaj pentru a asigura acuratețea dragajului atât în plan orizontal cât şi a adâncimii
- concentrației de solid în amestec în relație cu tipul de sol, o concentrație prea mică reduce productivitatea, iar o concentrație prea mare poate bloca tubulatura
- parametrii de siguranță a navei – pescaj, asietă, stabilitate – pe parcursul încărcării magaziei.

Viteza mare de derulare a procesului de dragaj face ca analiza elementelor de control a dragajului să nu poată fi făcută fără asistența unor echipamente speciale. În acest sens au fost dezvoltate sisteme electronice care să asiste dragorul. Aceste sisteme sunt compuse din trei elemente principale:

- senzori şi traductori pentru determinarea poziției capului de dragaj (GPS) şi a adâncimii, apăsarea pe sol a capului de dragaj, concentrația de solid în amestec, presiunea şi viteza de curgere în tubulatură, gradul de umplere al magaziei, poziția compensatorilor de mişcare verticală, poziția tubulaturii de prea-plin, poziția navei, etc.

- sistem de procesare a informației care preia informația de la senzori şi calculeaza mărimile necesare evaluării procesului de dragaj
- sisteme de afişare a informației care prezintă dragorului atât informațiile brute colectate de senzori cât şi indicații asupra măsurilor care trebuie luate pentru a aduce dragajul în parametri optimi

Toate informațiile - afişate cât mai natural şi accesibil- precum şi comenzile echipamentului de dragaj sunt concentrate într-un post central de comandă şi control al dragajului (Fig.5.41)

Fig. 5.41 – Controlul dragajului: centrul de comandă (st.); monitorizarea capului de dragaj (dr.)

Sisteme de degazare

Pe timpul dragajului se manifestă fenomenul aspirației de aer pe conducta de aspirație. Aceasta se datoreşte fie aspirației de aer prin ne-etanşeitățile din cuplaje fie din gazele acumulate în solul dragat. Acest aer se acumulează treptat în pompa de dragare reducând productivitatea acesteia sau la extrem conducând la dezamorsarea pompei. Pentru a evita acest inconveninet se utilizează instalația de degazare.

Se utilizează două tipuri se sisteme de degazare:

- sistemul cu acumulator (Fig. 5.42); în acest sistem, pe conducta de aspirație se amplasează un acumulator (tanc cu suprafața liberă) în care se acumulează aerul din conducta de aspirație; aerul este extras cu ajutorul unui ejector.
- sistemul cu tanc de degazare (Fig.5.43); în acest sistem se prevede pe conducta de aspirație un tanc de degazare. Din acest tanc aerul şi apa sunt extrase cu pompe şi eliminate pe circuite separate. Periodic, mixtura depusă în tancul de degazare este reintrodusă în conducta de aspirație cu o pompă specializată

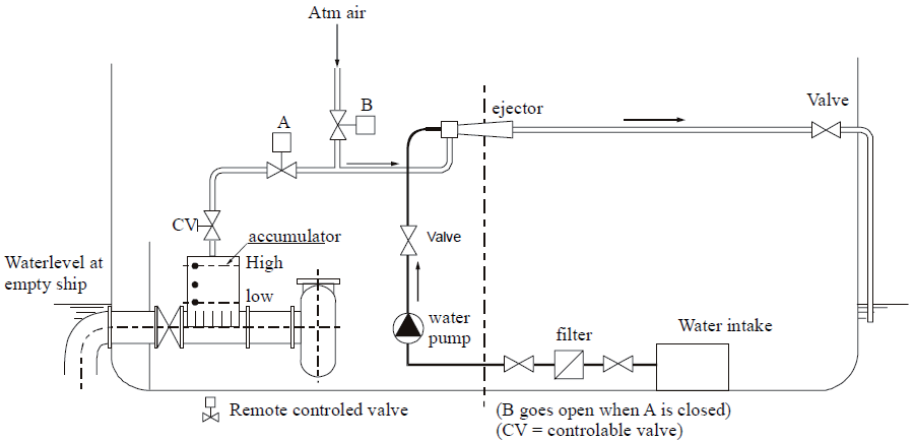


Fig. 5.42 – Sistem de degazare cu acumulator

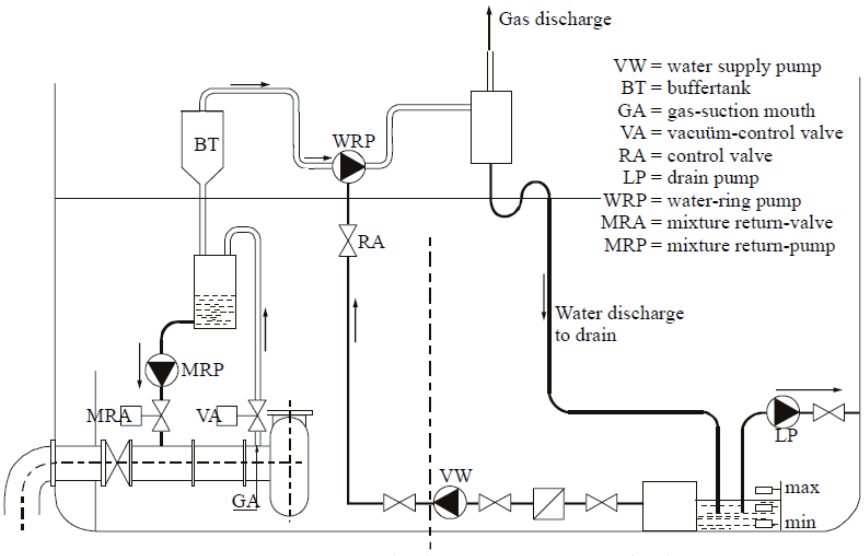


Fig. 5.43 – Sistem de degazare cu tanc de degazare

5.6 Şalande

Atunci când draga nu are sistem propriu de transport a materialului dragat sau când distanța de la locul de dragaj la locul de descărcare este prea mare, este necesar transportul materialului dragat.

Şalandele sunt nave destinate transportului materialului dragat de la locul de dragare la locul de descărcare. Şalandele pot fi autopropulsate sau nepropulsate. Deşi intră în categoria navelor de transport, dată fiind legatura lor cu operaţiunile de dragare sunt încadrate la grupa nave tehnice.
Modul de operare al şalandelor este următorul:

- se aduce şalanda lânga dragă
- sistemul de descărcare al drăgii (mecanic sau hidraulic) transferă materialul dragat în şalandă
- şalanda este deplasată (autopropulsată sau prin remorcare / împingere) în zona de descărcare
- utilizând sistemul de descărcare al şalandei – dacă este prevăzut la navă - sau cu mijloace externe, materialul dragat este descărcat.

Şalandele se diferenţiază după sistemul de descărcare.

- şalande fără sistem de descărcare propriu
- şalande cu descărcare prin porţi de fund
- şalande hidroclap cu descărcare prin "desfacerea" corpului

Şalande fără sistem de descărcare propriu

Acest tip de şalande sunt de regulă barje adaptate transportului de material dragat. Ele se folosesc atunci când se doreşte colectarea şi recuperarea materialului dragat (minerit, produse de carieră) şi când dragajul se efectuează la mare distanţă de locul de depozitare, iar materialul dragat nu poate fi transportat hidraulic prin conducte sau pe benzi rulante. Descărcarea lor se face cu mijloace de la mal, mecanic (cu macarale cu graifăr) sau hidraulic cu pompa de sucţiune şi afânător cu jet (Fig. 5.44). Acest sistem poate fi amplasat la mal, pe ponton sau se poate folosi o dragă cu sucţiune şi afânător cu jet. Spoilul format de jetul de apă este absorbit de pompă şi refulat prin conducte la locul de depozitare.

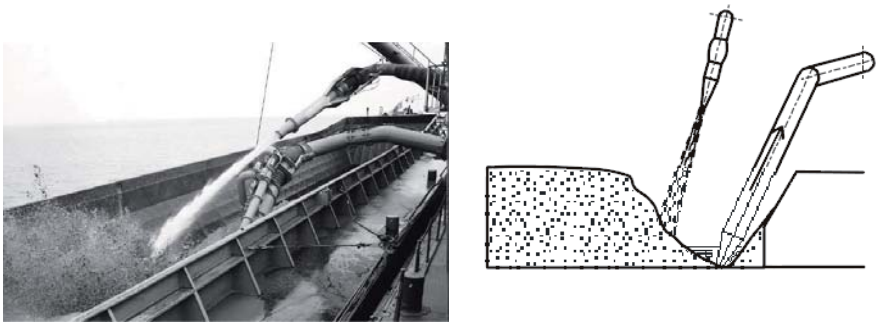


Fig. 5.44 – Sistem de descărcare hidraulică a unei şalande

Şalande cu porți de fund

La aceste şalande descărcarea se face gravitațional prin deschiderea unor porți orizontale amplasate pe fundul navei. Aceste şalande se utilizează atunci când descărcarea materialului dragat se face în larg în zone în care depunerile nu periclitează navigația. Exista diferite sisteme de porți, simple sau duble, articulate sau culisante (Fig. 5.45).

Sistemul de acționare al porților poate fi cu cabluri, tije sau cilindri hidraulici.

Pe lungimea şi lățimea magaziei porțile sunt distribuite astfel încât să se asigure golirea întregii cantități de material. Pe lățime pot exista una sau două porți.

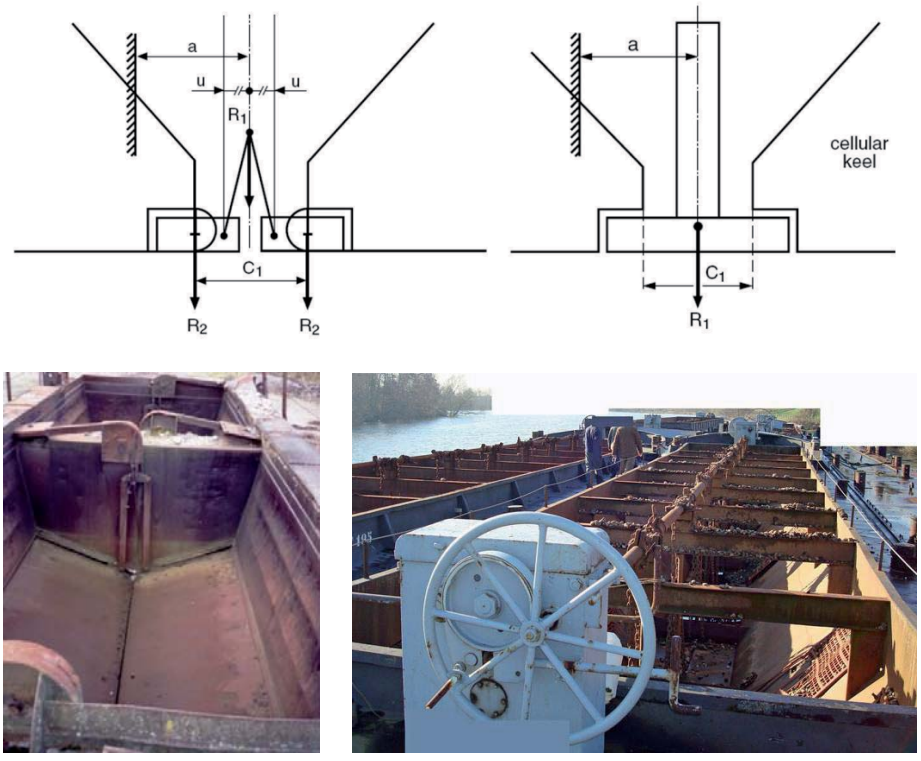


Fig. 5.45 – Porți de fund – scheme (sus) şi la şalanda (jos)

Deoarece la aceste şalande porțile nu sunt etanşe şi magazia este inundabilă, flotabilitatea şalandei este asigurată de compartimentele etanşe din corpul navei. În acelaşi timp pentru a facilita căderea gravitațională a materialului dragat, pereții magaziei sunt înclinați (Fig. 5.49) înspre poarta de fund astfel încât să minimizeze cantitatea de material rămasă în şalandă după deschiderea porților de fund. Deoarece în cazul solurilor argiloase există riscul ca materialul

să se lipească de pereții magaziei, şalandele pot fi prevăzute cu conducte şi ajutaje prin care se trimite apa sub presiune care să spele materialul de pe pereții magaziei.

Şalande hidroclap

Şalanda hidroclap este o versiune a şalandei cu porți de fund cu diferența ca poartă de fund este nava însăşi. Nava este construită din două corpuri separate articulate la nivelul punții. Descărcarea se face gravitațional prin desfacerea corpurilor (Fig. 5.46).

Fig. 5.46 – Şalande hidroclap

Pentru aceasta, la capetele magaziei există două articulații la nivelul puntii şi doi cilindri hidraulici deasupra fundului. Prin extindere, aceşti cilindri îndepărtează corpurile (Fig. 5.47).

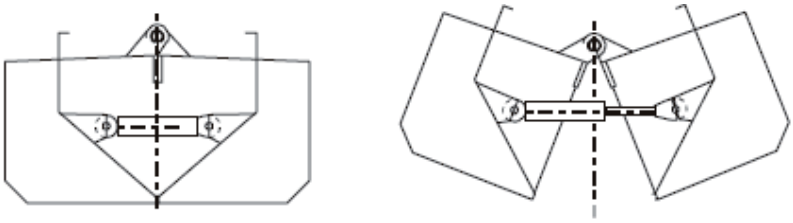


Fig. 5.47 – Sistem de deschidere a şalandei hidroclap

Desfacerea şi înclinarea corpurilor laterale are câteva implicații care trebuie avute în vedere la proiectare:

- sistemele din cele două corpuri (balast, santină, incendiu, electrice, etc.) trebuie să fie complet separate, fară nici o încrucişare peste PD
- unele mecanisme (motoare termice, vinciuri, pompe, etc.) trebuie să fie capabile să funcționeze în poziții înclinate de pâna la 40 grade

- montarea suprastructurii trebuie făcută pe un mecanism care să permită desfacerea corpurilor şi să menţină în acelaşi timp suprastructura orizontală (Fig. 5.48).

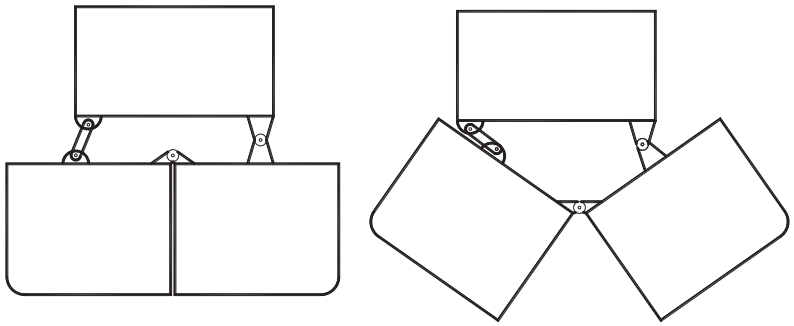


Fig.5.48 – Prinderea suprastructurii la şalandele hidroclap

La fel ca la şalandele cu porţi de fund şi şalandele hidroclap se utilizează atunci când descărcarea materialului dragat se poate face în larg sau în zone în care depunerile nu periclitează navigaţia.

Alte elemente specifice şalandelor

Exceptând particularităţile induse de sistemul de descărcare descrise mai sus, există alte câteva caracteristici specifice şalandelor:

- structura, învelişul exterior şi în special pereţii magaziei sunt construcţie solidă adaptată manevrei materialului dragat (roca, pietre, etc.) precum şi manevrelor de acostare repetate şi dure;
- forma corpului nu este în mod deosebit hidrodinamică, viteza nefiind o cerinţă specifică;
- corpul conţine compartimente etanşe (în dublu bord şi la extremităţi), dublul bord fiind construit în aşa numitul sistem chila celulară, care să asigure flotabilitatea şalandei în condiţiile când magazia este plină cu material dragat pâna la nivelul ramelor gurii de magazie peste care are loc deversarea (Fig 5.49);
- se impune corelarea volumului magaziei cu rezerva de flotabilitate dată de compartimentele etanşe; uzual pentru acest calcul densitatea materialului dragat se considera 1.5 .. 1.8 t /m3; în cazul în care spoilul este pe deplin sedimentat şi nu mai are apă, densitatea poate ajunge până la 2.2 t/m^3
- forma interioară a pereţilor magaziei şalandelor cu porţi de fund sau hidroclap este înclinată astfel încât să permită alunecarea naturala a întregii cantităţi de material

- în condiția când nava este construită pe sistemul cu chila celulară, acesteia i se poate atribui bord liber redus conform DR68

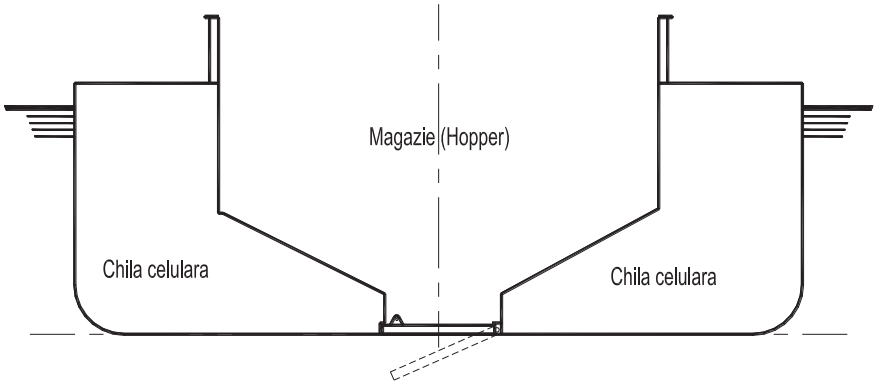


Fig.5.49 – Secțiune transversală tipică prin şalandă

5.7 Elemente de proiectare a navelor de dragare

5.7.1 Aspecte generale

Proiectarea unei nave de dragare are două componente:
- proiectarea echipamentului de dragare
- proiectarea drăgii ca nava

Primul pas este determinarea caracteristicilor echipamentului de dragare în conformitate cu tema de proiectare. Prin tema de proiectare (emisă în general de armator sau consultantul acestuia) trebuie precizate:
- productivitatea drăgii
- scopul dragajului (adâncire canale, extragere material de construcție, minerit, etc.)
- tipul principal de sol ce urmează a fi dragat
- adâncimea minimă / maximă de dragare
- condițiile de lucru – maritim sau fluvial, curentul apei, etc.

Evident ar fi de dorit ca o dragă sa fie cât mai flexibilă în utilizare, să aiba performanțe cât mai mari, să lucreze în orice tip de sol şi în orice condiții de mediu, etc. Riscul de a propune o dragă "universală" este ca aceasta să fie costisitoare şi să aibă performanțe mediocre în orice condiții de exploatare. Cu cât draga va fi mai specializată cu atât eficiența ei în condițiile fixate va fi mai mare, în schimb va fi dificil sau imposibil de utilizat în alte condiții.

Deciziile preliminare care trebuie luate înainte de începerea efectivă a proiectului sunt:
- alegerea sistemului de dragare (cupe, excavator, graifăr, sucțiune)
- alegerea tipului sistemului de fixare (ancore, piloni, draga mobilă)
- precizarea sistemului de transport al materialului dragat (hopper, şalandă, conducte, etc.)
- soluția sistemului energetic: diesel, diesel-electrică, diesel hidraulică, electrică de la mal

Scopul proiectarii echipamentului de dragare constă în:
- dimensionarea elementelor principale ale echipamentului de dragare
- stabilirea bilanțului energetic al sistemului de dragare, respectiv puterile fiecărui echipament şi gradul de simultaneitate
- calculul forțelor pe care sistemul de dragare le descarcă pe corpul drăgii în exploatare

Nu face obiectul acestui material explicitarea modului de calcul al echipamentului de dragare, pentru aceasta se vor consulta materialele indicate, respectiv lucrările ***Prof.Ir. W.J.Vlasblom*** *şi* P***rof. Lucian Manolache***

Odată stabilit echipamentul de dragare se trece la proiectarea navei suport (draga) ținând cont de

influența echipamentului de dragare şi fixare asupra navei prin:
- spațiul ocupat
- greutatea şi distribuția de greutăți
- efectul asupra asietei longitudinale şi asupra stabilității transversale
- solicitările induse în structura navei de forțele gravitaționale şi operaționale
- necesarul de putere pentru funcționarea sistemului
- riscurile induse de echipament – incendiu, inundare, protecția echipajului, etc.

În plus, nava trebuie să asigure condițiile optime de amplasare şi funcționare a echipamentului de dragaj.

Din punct de vedere al proiectării drăgii ca navă, aceasta se va proiecta în conformitate cu practica navală şi cu Regulile şi Regulamentele aplicabile şi ținând cont de tipul drăgii, al echipamentului de dragare şi ale restricțiilor dimensionale (L, B, T, gabarit aerian) induse de ecluze, poduri, canale, etc.

În general, proiectarea structurală a drăgilor trebuie să țină cont de particularitățile induse de:
- condițiile operaționale concretizate în pescajul de operare (DR68 sau ILLC)
- limitările privind zona de operare (unrestricted sau coastal)
- caracteristicile mărfii
- solicitările induse de echipamentul de dragaj

- aranjamentul specific al structurii care în general presupune discontinuități în structură, deschideri mari în punte şi / sau înveliş, întăriturii locale ample în zona postamenților (ceea ce induce aşa numite puncte tari), etc.
- caracterul ciclic cu frecvența mare a operării este susceptibil de a induce oboseala materialului

În acest sens trebuie avute în vedere măsuri specifice proiectării structurale a drăgilor cum ar fi:

- întăriturii structurale ale drăgilor care lucreaza în tandem cu şalanda
- prevenirea inundării drăgilor cu cupe datorită resturilor – în special metalice – antrenate de trenul de cupe, prin compartimentarea densă şi întărirea zonei şlițului
- întărirea structurii în zona concentrărilor de forțe – postamenții vinciurilor şi / sau a acționărilor hidraulice, zona de prindere a elindei, zona sistemului de piloni, etc.
- întărituri suplimentare a fundului, în special a extremităților, pentru drăgile susceptibile a opera în ape puțin adânci şi care sunt expuse eşuării
- măsuri de compensare a uzurii în zonele expuse la acțiunea amestecului sol-apă, în special magazia, gurile de deversare, porțile de fund.
- eliminarea concentratorilor de tensiuni prin racordări cât mai mari ale tablelor de înveliş şi a cuplării elementelor structurale;

Din punct de vedere al proiectării, navele de dragare se pot încadra în două categorii:

- nave care nu încarcă material dragat la bord; acestea practic sunt platforme plutitoare care au rolul de a susține echipamentul tehnologic (echipamentul de dragare) specific. Aceste nave sunt încadrate la categoria "echipamente tehnologice plutitoare" şi proiectarea lor se supune regulilor şi procedurilor specifice pentru acest tip de navă.
- nave care încarcă material dragat la bord; acestea sunt o combinație de navă de transport a materialului dragat şi în acelaşi timp platforme plutitoare pentru echipamentul de dragare. Aspecte specifice ale acetui tip de navă sunt analizate în continuare.

5.7.2 Aspecte specifice drăgilor de tip hopper

Proiectarea preliminară

Din punct de vedere al proiectării unei drăgi aspirante mobile, se porneşte de la un set de cerințe inițiale exprimate de armator prin:

- productivitatea drăgii (m^3/an)
- zona de dragaj (adâncime, tip de sol),
- distanța de transport
- destinația şi modul de descărcare al materialului dragat

Pornind de la tema definită mai sus, etapele majore în proiectarea preliminară a drăgii sunt:

a) determinarea capacităţii magaziei
b) alegerea echipamentului de dragare
c) determinarea caracteristicilor principale ale navei

a) Determinarea capacităţii magaziei

Capacitatea magaziei Vm este dată de productivitatea anuală Q (m^3/an) cerută şi numărul de cicli de transport N pe an: $Vm = Q/N/k$ [m^3]

unde k este un coeficient subunitar reprezentând fracţiunea (determinată statistic) de utilizare a volumului magaziei.

Numărul de voiaje anuale N se determină în funcţie de numărul de ore efective de lucru din an Ha şi numărul de ore ale unui voiaj Hv: $N = Ha/Hv$

Numărul de ore efective de lucru dintr-un an Ha se calculează ca diferenţa dintre numărul de ore disponibile (numar de zile lucratoare * numărul de ore pe zi) şi numărul de ore ocupate cu:

- revizii şi reparaţii planificate (cunoscut din ciclul de reparaţii al navei)
- revizii şi reparaţii accidentale (statistic)
- aşteptare neprogramată din condiţii de vreme rea, blocaje de trafic, etc. (statistic)

Numărul de ore ale unui voiaj Hv este suma dintre:

- timpul de încărcare, relativ constant (circa 2 ore) şi asigurat prin corelarea capacităţii pompei de dragaj cu capacitatea magaziei
- timpul de deplasare la şi de la locaţia de dragaj în funcţie de viteza navei
- timpul de descărcare, dependent de sistemul de descărcare dar relativ independent de capacitatea de transport
- timpii de aşteptare, realimentare, formalităţi, etc. (statistic)

b) Alegerea echipamentului de dragare

Caracteristicile fundamentale ale echipamentului de dragare sunt date de adâncimea de dragare şi de debitul pompei de dragaj. Adâncimea de dragare este impusa prin temă. Debitul pompei de dragaj se stabileşte în relaţie cu volumul magaziei Vm şi timpul propus pentru încărcare. Restul elementelor instalaţiei se stabilesc în funcţie de debitul pompei şi adâncimea de dragaj.

De multe ori, analiza pentru determinarea volumului magaziei şi a caracteristicilor instalaţiei de dragaj este efectuată de armator sau consultanţii acestuia. În acest caz în sarcina arhitectului naval revine determinarea caracteristicilor navei care să îndeplinească cerinţele impuse.

c) Determinarea caracteristicilor principale ale navei

În această etapă se presupun cunoscute datele de intrare, respectiv capacitatea magaziei, viteza navei şi echipamentul de dragare.

Sunt de determinat caracteristicile navei şi anume dimensiunile principale, greutatea navei goale şi puterea de propulsie. Determinarea acestor caracteristici se face cu metodele clasice de proiectare preliminară, ținând cont însă de câteva particularități statistice rezultate din analiza pe un număr mare de nave de tip TSHD:

Masa încărcăturii utile se stabileşte în relație cu volumul magaziei Vm şi densitatea materialului dragat. $Pu = \rho Vm$.

- Ținând cont de specificul procesului de încărcare şi anume încărcare cu spoil, deversare apa în exces şi sedimentare, încărcătura finală constă în material dragat umed sedimentat. Densitatea acestuia depinde de tipul de material, putând avea valori între 1.2 şi 2.1 t/m^3. În cazul în care nu există informații asupra naturii materialului dragat, se poate optimiza proiectarea pentru o densitate statistică medie ρ= 1.5 t/m^3
- Pentru TDHD, corelația statistică pescaj – încărcătura utilă este indicată în Fig. 5.50

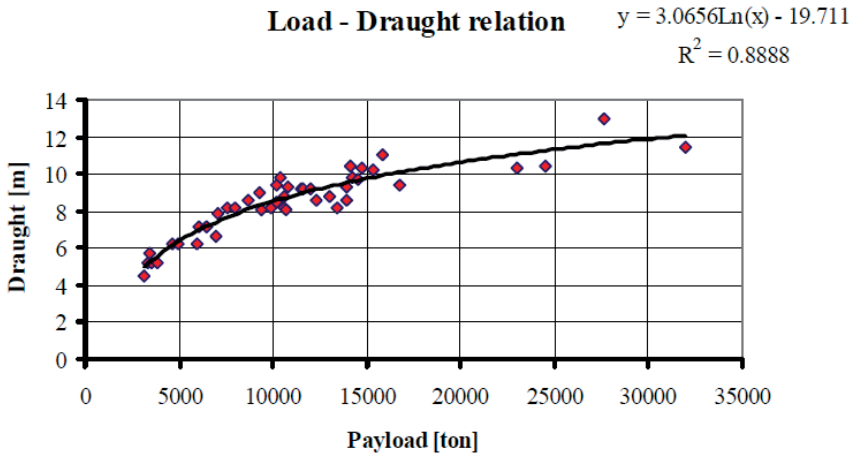


Fig. 5.50 Corelarea pescaj – încărcătura utilă la TSHD

- Rapoartele statistice între dimensiuni specifice pentru TSHD variază în limite destul de înguste şi anume L/B = 5 .. 7 ; B/D = 1.8 .. 2.4; B/T = 2 .. 3 Evident pot exista şi deviații de la aceste intervale dar sunt situații speciale sau cazuri de proiectare cu restricții.
- Coeficientul bloc pentru TSHD este curpins între 0.78 şi 0.85
- Greutatea navei goale se poate determina prin coeficienții de utilizare a deplasamentului
  - raportul Δo / Pu este cuprins între 0.4 şi 0.6
  - rapoartele Δo / Δ şi respectiv Dwt / Δ pot fi considerate în domeniul Δo / Δ = 0.3..0.33 Dwt / Δ = 0.67..0.70

– raportul Δo / Dwt poate fi considerat conform diagramei statistice din Fig. 5.51

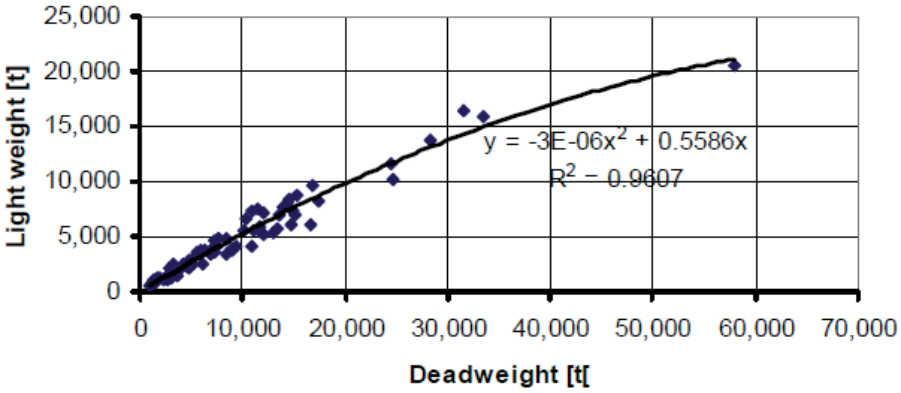


Fig.5.51 – Corelarea Δo cu Dwt

Viteza TSHD este un factor important în calculul productivității, în special pentru situațiile în care distanța de la locul de dragare la cel de descărcare este mare. Deoarece la aceste nave coeficientul bloc este mare, se recomandă ca numărul Froude $Fn < 0.20$. Rezultă astfel relația: $v\,[Nd] < 1.22\,\sqrt{L}\,[m]$

- Puterea de propulsie şi rezistența la înaintare în condiții de navigație (cu brațul de dragare ridicat) se poate calcula cu metodele obişnuite pentru nave cu CB mare (inclusiv cu seriile polinomiale Holtrop) dar majorată cu influența (semnificativă) a neregularităților din corp cauzate de porțile de fund şi sistemul de culisare a brațului de dragare. Ca estimare inițială a puterii de propulsie se poate utiliza diagrama (funcția) din Fig. 5.52.

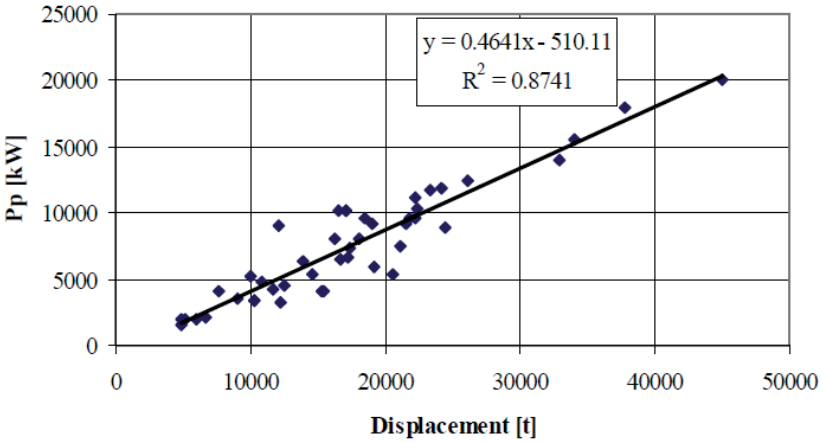


Fig.5.52 – Corelarea putere de propulsie - deplasament

- Puterea în regim de dragaj trebuie să țină cont de rezistența la înaintere a navei la viteza de dragaj (circa 3 noduri) dar şi de componentele suplimentare induse de sistemul de dragaj şi anume rezistența hidrodinamică a brațului de dragaj şi forța de tragere a capului de dragare. Forța de tragere a capului de dragare este compusă la rândul ei din: forța hidrodinamică + forța de tăiere + forța de frecare la deplasarea pe sol. Forța de frecare Ff = μN, unde forța de apăsare pe sol este compusă din greutatea (în apă) a capului de dragare şi apăsarea suplimentară datorată diferenței de presiune creată de sucțiunea din capul de dragare.
- Puterea totală instalată trebuie să asigure necesarul de putere în oricare din situațiile:
  - marş: propulsie la viteza de croaziera + bowthruster
  - dragaj: propulsie în regim de dragaj + pompa de dragaj + bowthruster

  Frecvent, pentru a echilibra cele două regimuri de funcționare se utilizează elice cu pas reglabil.
  - Puterea necesară pompei de dragaj rezultă din caracteristicile instalației de dragaj.
  - Puterea necesară petru bowthruster se poate aproxima ca fiind 15-20% din puterea de propulsie în regim de dragaj.
  - Ca ordin de mărime, puterea totală instalată poate fi aproximată ca fiind P [kW] = (0.56 .. 0.60) Δ [t].

Bordul liber

În conformitate cu DR68, la drăgile şi şalandele tip hopper la care magazia este cu porți de fund sau split, iar compartimentajul este sub forma chilei celulare, nava poate primi un bord liber mai mic decât cel calculat conform ICLL 66 (Load Line).

Ca să poata primi bord liber redus, nava mai trebuie să îndeplinească o serie de condiții privind sistemul de prea-plin, construcția magaziei, lipsa parapeților pe zona magaziei, cerințe specifice de stabilitate intactă şi de avarie, etc.

Conform Load Line, bordul liber se calculează ca valoarea cea mai mare rezultată din:

- bordul liber F' rezultat din bordul liber de bază corectat cu efectul raportului L/D, CB, selatură, suprastructuri, etc.
- bordul liber F" rezultat din înălțimea minimă a etravei

În conformitate cu DR 68, la navele de dragare tip hopper se poate atribui un bord liber de dragaj, mai mic decat cel calculat din ICLL astfel:

- se calculează bordul liber F conform ILCC ca max (F' şi F")
- se calculează reducerea dF = 2/3 F'
- se calculează bordul liber redus de draga ca Fd = F - dF

Marca de dragaj completează marca conform ICLL cu liniile DR (bord liber de vară redus în condiția de dragaj) şi DRF (bord liber redus în apă dulce în condiția de dragaj) – Fig. 5.53

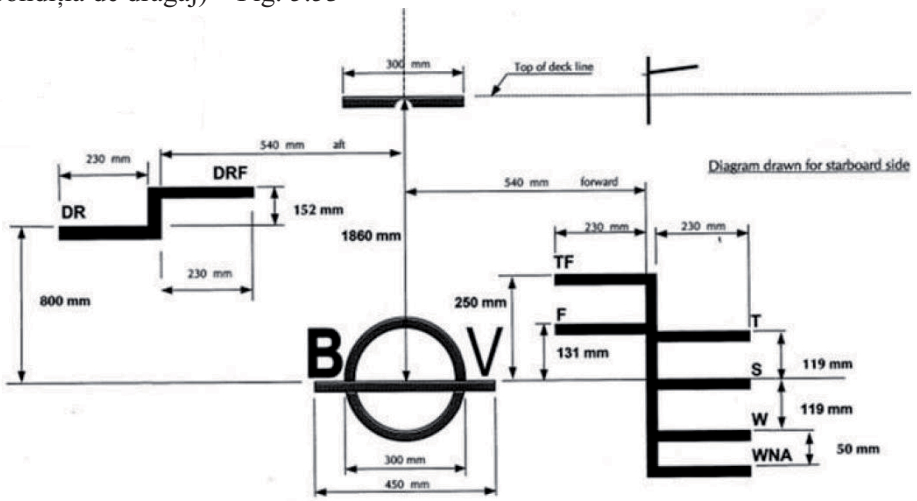


Fig. 5.53 – Marca de bord liber la o dragă cu bord liber redus

Acest bord liber redus este valabil numai pe timpul cât magazia este încărcată cu material dragat, în restul situațiilor trebuie respectat bordul liber conform ICLL.

Pentru a putea primi marca de bord liber redus, draga trebuie să îndeplinească unele condiții suplimentare legate de deversarea excesului de apă şi materialul dragat. Astfel magazia trebuie prevăzută cu unul din următoarele sisteme de deversare:

- deversare peste rama magaziei
- deversare prin guri de deversare prevăzute în pereții laterali sau în rama magaziei
- deversare prin conducte de prea-plin ajustabile

În ultimele două situații aria decupărilor de deversare (m^2) va fi cel puțin max ($Q/3$ sau $0.7L_h^2/1000$) unde Q (m^3/s) este debitul pompei de dragaj, iar L_h (m) este lungimea magaziei

În plus, amplasarea deschiderilor în corp va fi făcută în raport cu pescajul aferent mărcii de dragaj.

Sisteme de siguranță

Drăgile de tip hopper vor fi echipate cu un sistem de descărcare rapidă gravitațională capabil să deverseze în 8 minute o cantitate de încărcătură suficientă pentru a creşte bordul liber de la marca de dragaj la marca ILLC.

Acest sistem trebuie să funcționeze şi în cazul în care nava rămâne fără energie electrică.
Drăgile vor fi echipate cu un indicator de pescaj capabil să indice în timonerie pescajul instantaneu precum şi evoluția lui în timp.
Dacă draga are limitare privind condițiile de operare (înălțime semnificativă de val), ea va fi prevăzută cu un sistem de măsurare şi predicție a condițiilor meteo.
Tubulaturile sistemului de încărcare a magaziei vor fi prevăzute cu sisteme de închidere de urgență acționate din timonerie.

Stabilitate
Din punct de vedere al criteriilor de stabilitate intactă şi de avarie, drăgile şi şalandele de tip hopper se analizează din două puncte de vedere:

- criterii aplicabile tuturor navelor conform cerințelor IMO şi SOLAS
- criterii specifice aplicabile numai acestui tip de nave

Această ultima categorie de criterii a fost impusă de câteva aspecte specifice acestor nave cu efect asupra stabilității şi anume:

- încărcătura este un amestec umed de apă cu sol, iar concentrația de lichid este variabilă de la lichid pur la solid umed; în plus, starea de lichiditate este variabilă pe timpul încărcării
- încărcătura – lichidă sau solidă - poate avea o gamă largă de densități de la densitatea apei la densitatea nisipului greu umed, respectiv de la 1.00 t/m^3 la 2.2 t/m^3
- natura lichidă a încărcăturii într-o magazie de mari dimensiuni genereaza un moment de suprafață liberă considerabil prin deplasarea încărcăturii în timpul înclinării
- magazia deschisă şi uneori prevăzută cu sisteme de deversare, în combinație cu natura solidă, lichidă sau mixtă a încărcăturii duce la diferite moduri de comportament a navei şi încărcăturii în timpul înclinării
- poziționarea gurilor de deversare influențează unghiul la care încărcătura începe să deverseze, respectiv unghiul la care începe inundarea magaziei
- descărcarea cu porți de fund pe două rânduri (dacă sunt prevazute) poate duce la situații asimetrice de descărcare cu influența directă asupra stabilității.

Ca şi consecință a celor de mai sus, sunt de analizat următoarele cazuri de stabilitate:

a) magazia plină cu solid: în timpul înclinării încărcătura nu deversează (solid) şi apa nu intră în magazie (Fig. 5.54). Este o situație de deplasament constant fără suprafața liberă.

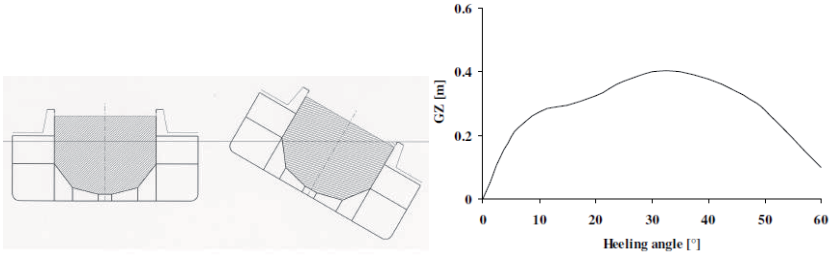


Fig. 5.54 – Înclinare cu magazia plină cu solid

b) magazia parțial umplută cu solid: în timpul înclinării încărcătura nu deversează (solid) dar de la un anumit unghi de înclinare (dependent de poziția sistemului de prea-plin) apa intră în magazie (Fig. 5.55). Pâna la unghiul de inundare al sistemului de deversare este o situație de deplasament constant. După acest unghi, prin inundarea magaziei deplasamentul devine variabil (ambarcare de apă) combinat cu efectul de încărcătură lichidă (apa din magazie)

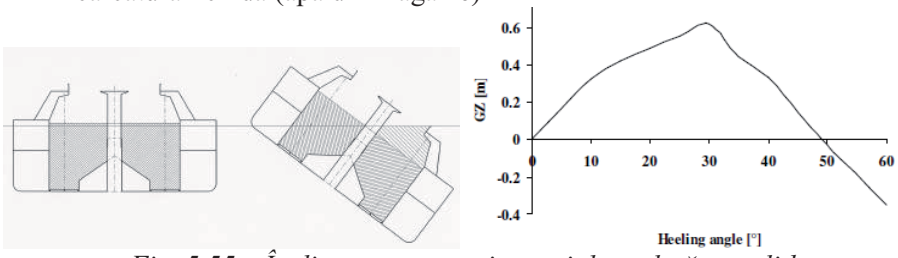


Fig. 5.55 – Înclinare cu magazia parțial umplută cu solid

c) magazia plină cu lichid (spoil): începând de la 0 la unghiul de inundare al sistemului de prea-plin unghi la care încărcătura deversează. Peste unghiul de inundare, încărcătura deversează în continuare iar volumul corespunzător este înlocuit cu apa. (Fig. 5.56). Este o situație de deplasament variabil în doua faze: deversare de spoil pâna la unghiul de inundare şi înlocuire spoil cu apă peste acest unghi. Efectul deplasării încărcăturii lichide asupra diagramei de stabilitate este puternic la începutul înclinării, dar pe măsura deversării şi reducerii deplasamentului stabilitatea se îmbunătățeşte.

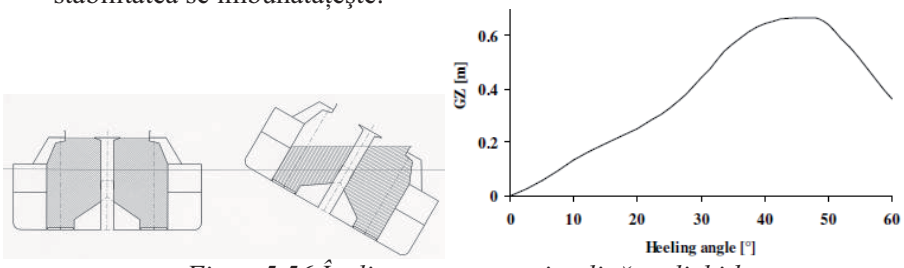


Fig. – 5.56 Înclinare cu magazia plină cu lichid

d) magazia parțial umplută cu lichid (spoil): aceasta situație are trei faze:
   - înclinare cu deplasament constant şi încărcătura lichidă de la 0 la unghiul de deversare
   - înclinare cu deplasament variabil prin deversare între unghiul de deversare şi unghiul de inundare
   - înclinare cu deplasament variabil prin deversare şi înlocuire cu apa peste unghiul de inundare

   Observații:
   - *Ordinea fazelor se poate inversa în funcție de secvența valorilor unghi de inundare – unghi de deversare.*
   - *Situația c) reprezintă o particularizare a cazului d) cu unghi de deversare 0.*

e) magazia parțial umplută cu solid peste care se află lichid (apă). Această situație reprezintă o combinație a cazurilor anterioare şi se abordează pe aceleaşi principii ținând cont de volumul deversabil / inundabil şi de unghiurile de deversare / inundare.

f) magazia dotată cu porți de fund pe două rânduri. Este necesară analiza stabilității când la descărcare se deschide o singură poartă (Fig. 5.57)

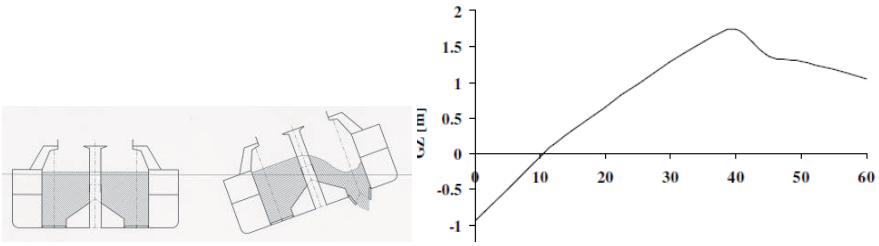


Fig.5.57 – Efectul descărcării asimetrice

Pe lângă efectul tipului de încărcătură, a deversării şi inundării, în analiza stabilității drăgilor tip hopper, trebuie avută în vedere influența altor parametri şi anume:

- densitatea încărcăturii; efectul se manifestă diferit la încărcătura lichidă sau solidă datorită deversării spoilului în primul caz, respectiv al inundării în al doilea caz (Fig. 5.58)

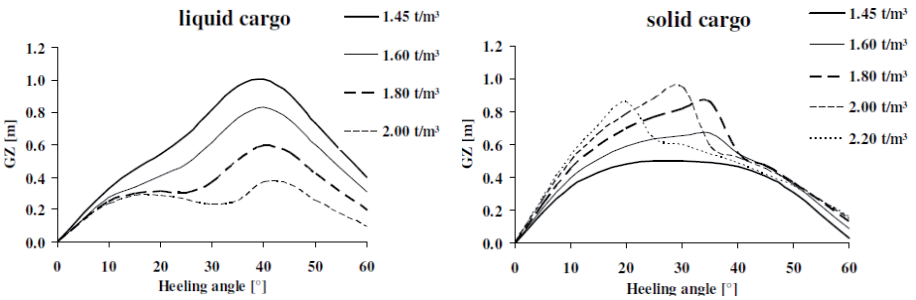


Fig. 5.58 – Efectul densității încărcăturii

- forma magaziei; în general sunt utilizate două tipuri, convențională şi V. Efectul formei magaziei este dat de geometria variabilă a încărcăturii lichide (sau a apei ambarcate) şi efectul acesteia asupra momentului de înclinare (Fig. 5.59)

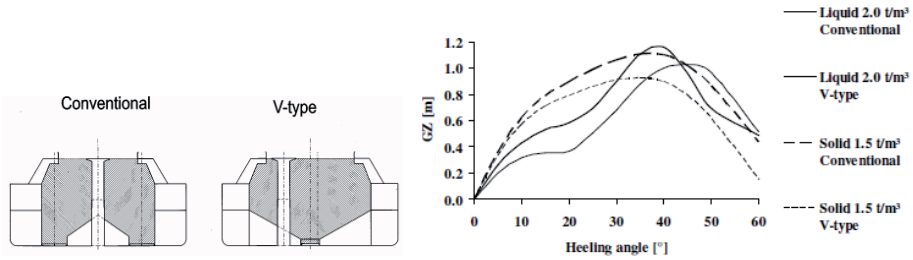


Fig.5.59 – Efectul formei magaziei la diferite densități ale încărcăturii

- Poziția gurilor de deversare; în cazul sistemelor de prea-plin reglabile, nivelul acestora poate fi reglat la nivelul încărcăturii sau mai sus, cu efectul corespunzător asupra diagramei de stabilitate. (Fig. 5.60). Efectul este dat de poziția unghiului de inundare / deversare şi de volumul remanent inundabil

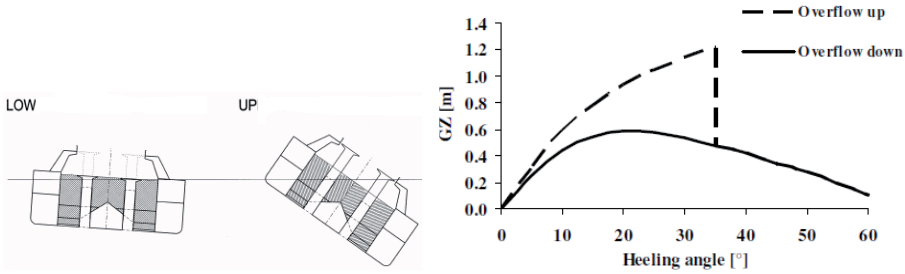


Fig. 5.60 – Efectul poziției gurilor de prea-plin

Din punct de vedere al Regulilor aplicabile pentru evaluarea stabilității drăgilor aspirante mobile, în funcție de Societatea de Clasificare şi de Administrație (autoritatea de pavilion) se pot aplica diferite cerințe. Dintre acestea se pot aminti:

- Regulile BV, Pt D, Ch 13, Sec 2 împreună cu "special guidance note N.I. 144 BM.1, BV"
- Recomandările DUTCH SHIPPING INSPECTORATE, cunosute sub numele de DR68
- Cerințele Instructions for the guidance of surveyors of the Department of Transport UK
- Regulile CHINESE CLASSIFICATION SOCIETY
- Cerințele US Coast Guard (similare cu BV)

În esență aceste Reguli prevăd analiza stabilității intacte în toate combinațiile rezultate din condițiile:

- starea rezervelor: 10% respectiv 100%
- starea încărcăturii: lichidă respectiv solidă
- densitatea încărcăturii între 1.0 t/m^3 şi 2.0 t/m^3 în stare lichidă şi 1.4 t/m^3 şi 2.2 t/m^3 în stare solidă

Unele reguli solicită analiza stabilității intacte în condiția descărcării asimetrice şi a criteriului de vânt.

Din punct de vedere al stabilității de avarie, TSHD se supun SOLAS dacă L>80 m şi se abordează prin metoda probabilistică. DR68 solicită aplicarea calculului probabilistic al stabilității de avarie (cu unele diferențe față de SOLAS şi precizări specifice drăgilor hopper) şi pentru navele cu lungime mai mică de 80 m.

6. PLATFORME TEHNOLOGICE

Platformele tehnologice sunt unități plutitoare destinate susținerii navigației, unor activități industriale sau civile. Din categoria acestora se pot aminti:

- macarale plutitoare
- docuri plutitoare
- pontoane de ranfluare
- uzine plutitoare
- pontoane de acostare
- poduri de pontoane
- insule, aeroporturi, parcări, stații de combustibil, locuințe, stații de pompare, spitale plutitoare, etc.

Deşi nu se încadrează perfect în definiția de mai sus, tot în acest capitol vor fi analizate şi navele heavy lift nepropulsate – barje semisubmersibile, dat fiind similitudinea lor constructivă şi funcțională cu docurile plutitoare.
Nu fac obiectul acestui capitol platformele de foraj sau alte unități tehnologice legate de industria extracției de petrol şi gaze.

6.1 Macarale plutitoare

Macaralele plutitoare sunt nave destinate manevrării greutăților mari în zonele acvatice. Se utilizează în bazine portuare sau în larg. Macaralele pot fi instalate pe nave de sine stătătoare cu sigura funcție de macara – numite în continuare macarale plutitoare - sau montate pe orice alte tipuri de nave unde este necesară manevra greutăților. În această ultimă categorie într-o gamă foarte largă de nave – cargouri, portcontainere, nave pentru lucrări offshore, remorchere, drăgi, nave de servitute, etc. şi care nu fac obiectul prezentului capitol, dar la care se pot extinde principiile expuse.
Macaralele plutitoare se identifică în principal prin sarcina de lucru.
Componentele principale ale oricărei nave dotate cu mijloace de ridicat sunt instalația de ridicare şi unitatea plutitoare. Regulile Societăților de Clasificare conțin cerințe referitoare atât la instalația de ridicare propriu-zisă din dotarea unității plutitoare cât şi la cele privind stabilitatea unității plutitoare, în diverse condiții de exploatare.

Fig. 6.1 – GSP NEPTUN 1800 t (st) şi macara autopropulsată 250 t (dr)

6.1.1 Instalația de ridicare

Fac obiectul acestui paragraf numai instalațiile de ridicat montate la bordul navelor fără a include însă lifturile de bord precum şi platformele de încărcare de la bordul navelor Ro-Ro. Denumită mai general mijloc de ridicat (lifting appliance), macaraua este o instalație de sine stătătoare compusă din coloana de susținere, brațul, mecanismele, acționările, sistemele de comandă, cabina de comandă, contra-greutatea.

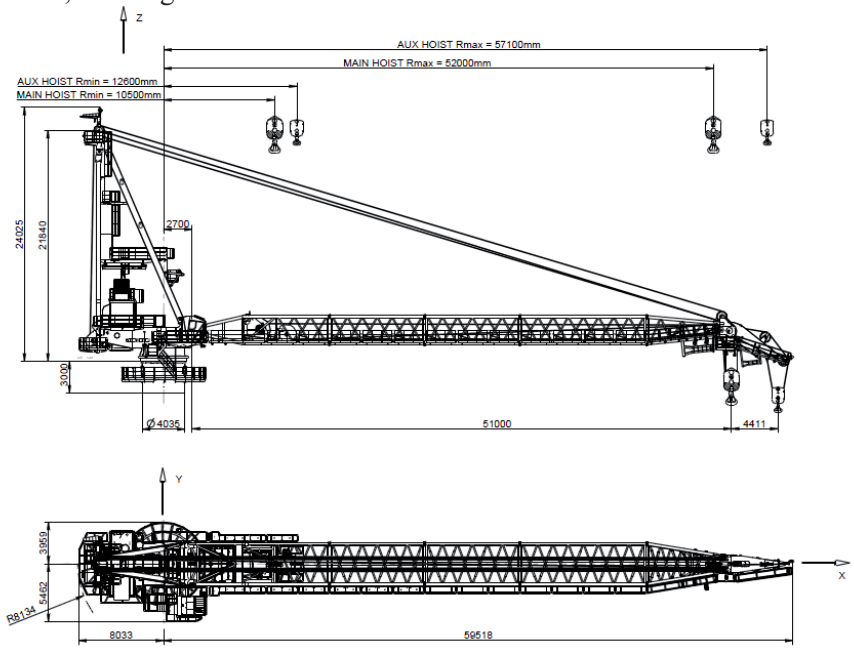


Fig. 6.2 – Macara offshore LIEBHERR BOS 7500-150 t

Instalația de ridicare se clasifică în funcție de:
- tipul de construcție al macaralei – macarale turn, portal, cu braț rigid, braț articulat, braț telescopic, braț pliabil, pod rulant, etc.
- gradele de libertate ale macaralei – fixe, bascularea brațului, rotire în plan vertical, rotire în jurul unei axe verticale, combinat
- zona de operare – în ape protejate sau offshore
- natura greutăților manevrate – la cârlig (marfă colet) , graifăr (marfa vrac solidă), spreader (containere)
- modul de acționare – electrice, hidraulice, mecanice, electro-hidraulice
- numărul de puncte de ridicare (cârlige) – 1, 2, 3, ...

Caracteristicile principale ale unei unități de ridicare sunt:
- sarcina maximă
- deschiderea minimă / maximă
- diagrama de ridicare (curba sarcină-deschidere)
- înălțimea de ridicare
- viteza de operare – ridicare (hoisting), basculare (luffing), rotație (slewing), deplasare (traveling)
- puterea consumată
- masa proprie
- forțele de reacțiune incluzând factorii dinamici – verticală, orizontală, torsiune, răsturnare (overturning)
- productivitatea (t/h)

Pentru buna înțelegere a conceptelor se indică mai jos definirea principalelor noțiuni şi elemente constructive. Pentru a evita confuzia, pentru termenii principali este indicată şi denumirea consacrată în engleză.
- Sarcina de lucru în siguranță (SWL–Safe Working Load) a instalației de ridicare în ansamblu, reprezintă valoarea sarcinii statice maxime de lucru în siguranță pentru care instalația este certificată. Se indică în tone sau kN.
- Sarcina de lucru în siguranță (SWL–Safe Working Load) a unui organ demontabil din componența unei instalații de ridicare, reprezintă valoarea sarcinii pentru care organul respectiv a fost proiectat şi testat. Valoarea acestei sarcini certificate nu va fi mai mică decât SWL-ul instalației de ridicare din care acest organ face parte.
- Sarcina de ridicare (Live load sau Hoist load) – reprezintă suma dintre SWL şi greutatea (ca o cotă parte de "dead load") a acelor componente ataşate direct la SWL (cârlige, chei, etc.).
- Dead load – greutatea construcției portante, precum şi a mecanismelor, pasarelelor, scărilor, contragreutăților ş.a. amplasate pe aceasta.
- Duty factor – reprezintă un coeficient supraunitar care se aplică în calcule la "Sarcina de ridicare" şi la "Dead load" şi care are în vedere frecvența de utilizare a instalației de ridicare.

- Coeficienți dinamici (Dynamic factors) – reprezintă o serie de coeficienți supraunitari care se aplică în calcule la "Sarcina de ridicare" şi la "Dead load" şi care au în vedere viteza de manevră a sarcinii precum şi a brațului macaralei plutitoare.
- Organe nedemontabile: Organele nedemontabile sunt piese fixate permanent pe construcția instalației de ridicare, ca de exemplu: urechi de sarcină, roți de cablu încastrate ş.a., în această categorie fiind cuprinse piese şi subansamble ca:
  - Urechi de sarcină, sudate de o construcție suport, şi ale căror dimensiuni de orientare sunt indicate de către Regulile Societăților de Clasificare, în funcție de SWL-ul stabilit pentru urechea respectivă. Constructiv, urechile de sarcină pot fi încastrate în structura de rezistență sau sudate pe aceasta. Trebuie reținut că grosimea tablei pe care se sudează o ureche de sarcină nu trebuie să fie mai mică decât 1/3 din grosimea urechii de sarcină, dar cel puțin de minim 5 mm. Ca exemple de astfel de urechi pot fi date cele care servesc la fixarea articulațiilor cilindrilor hidraulici de rabatere a construcției "A-Frame" sau a brațului macaralei rotitoare.
  - Roți de cablu încastrate (built-in-sheave): Sunt roți de cablu ale căror scuturi laterale sunt încastrate într-o structură de rezistență.
- Organe demontabile (loose gear) sunt piese fixate prin intermediul unei îmbinări demontabile la construcția instalației de ridicare, ca de exemplu: blocuri de sarcină, cârlige de sarcină, chei de tachelaj, întinzătoare, vârteje, manşoane şi coliere de strângere pentru cabluri, lanțuri, rame şi traverse de ridicare . În această categorie sunt cuprinse piese şi subansable ca:
  - Blocuri de sarcină (Cargo block); Cârlige de sarcină, simple (Cargo hook) şi duble (Ramshorn hook)
  - Chei de tachelaj, drepte ("D" type shackle) şi rotunde ("Bow" shackle); Întinzătoare (Rigging screw); Vârteje (Swivel)
  - Manşoane de cablu (Wire rope socket); Rodanțe pentru cabluri (Thimble); Coliere de strângere pentru cabluri (Rope grip)
  - Lanțuri de sarcină (Chain sling); Cabluri de sarcină (Rope sling)
  - Rame (Spreader) şi traverse de ridicare (Lifting beam)
  - Furci simple (Double lug head fitting) şi duble (Double yoke piece), ca piese intermediare de cuplare, sau de suspendare a unui bloc de sarcină
  - Ocheți (Round eye), ca piesa de suspendare a unui bloc de sarcină
- Cabluri de oțel; utilizate în cadrul instalației de ridicare trebuie să satisfacă o serie de cerințe ale Societăților de Clasificare, care nu sunt identice dar conțin elemente comune ca:
  - Sârmele ce compun un cablu trebuie să fie zincate sau galvanizate
  - Rezistența materialului sârmelor va fi între 1370 şi 1770 N/mm2

  - Numărul de toroane va fi de minim 6 iar numărul de sârme dintr-un toron de minim 19
  - Inima cablului poate fi din fibre sau sârma de oțel
  - Coeficientul de siguranță pentru cablurile din oțel (k); ca o linie generală se poate rezuma ca, pentru o instalație cu SWL < 10 t, k = 5, iar pentru o instalație cu SWL > 160 t acest coeficient poate fi de 3. Aceste valori se aplică pentru cablurile care sunt mobile odată cu sarcina (running rigging). Pentru cablurile care sunt fixe (standing rigging), se admit valori mai mici pentru k, respectiv 4 în loc de 5 şi 2.8 în loc de 3.
- Vinciuri: vinciurile utilizate în instalația de ridicare pot avea acționarea electrică sau hidraulică. Această acționare trebuie să fie reversibilă (să asigure ambele sensuri de rotație a tobei de cablu). De asemenea, trebuie să se asigure toate sistemele de siguranță necesare pentru prevenirea avariilor pentru orice situație posibilă: întreruperea alimentării cu energie, depăşirea greutății sarcinii de ridicat ş.a. În cazul defectării sistemului de acționare vinciul trebuie să permită coborârea în siguranță a sarcinii manevrate (nu se permite ramânerea sarcinii suspendate). Alte cerințe generale care trebuie avute în vedere:
  - Numărul de straturi de cablu pe toba vinciului va fi de regulă până la 3. În cazul în care din motive funcționale lungimea cablului impune mai mult de 3 straturi pe tobă, vinciul va trebui prevăzut cu un dispozitiv de asigurare a înfăşurării corecte a cablului pe tobă – depănator de cablu (drum spooling device).
  - Numărul de spire de siguranță pe tobă va fi de minim 3.
  - La stabilirea tracțiunii necesare în cablul de sarcină se va ține cont de faptul că tracțiunea la tobă a vinciului este dependentă de numărul de straturi de cablu adică nu este un element constant pentru aceeaşi valoare a cuplului de acționare.

Sarcini de calcul şi factori de amplificare în condiții de funcționare a instalației de ridicare

Sarcini principale

- Sarcina de ridicare (Live load sau Hoist load)
- Dead load
- Forțele dinamice verticale, care apar la ridicarea / coborârea sarcinii de ridicare. Efectul acestor forțe se ia în considerare prin aplicarea unui coeficient supraunitar denumit “Hoisting factor” sau “Hoist load coefficient” – funcție de Societatea de Clasificare, la valoarea sarcinii de ridicare. Valoarea acestui coeficient se determină în funcție de viteza de ridicare / coborâre a sarcinii, pe baza unor relații, care diferă de la o Societate de Clasificare la alta.

- Forțele dinamice orizontale datorate rotației brațului instalației de ridicare. Dacă datele privind accelerația de rotire şi timpii de frânare nu sunt diponibile, se va considera o valoare a accelerației de 0.6 m/sec2 la capătul brațului (conform LRS).
- De regulă, efectul forței centrifuge asupra structurii portante se neglijează.
- Forțele dinamice orizontale datorate înclinării unității plutitoare, respectiv ruliu şi tangaj. Dacă macaraua operează în "ape protejate", se vor lua în considerare următoarele unghiuri de înclinare, cu mențiunea că ambele valori vor fi luate în considerare simultan: pentru ruliu→5°, pentru tangaj→2°. Dacă macaraua operează în "ape neprotejate", forțele dinamice orizontale datorate înclinării unității plutitoare, se vor calcula pe baza unghiurilor de înclinare stabilite pentru cea mai nefavorabilă situație în care poate opera macaraua. De regulă astfel de macarale plutitoare sunt prevăzute cu instalații speciale de stabilizare dinamică a unității plutitoare precum şi cu sisteme de stabilizare a sarcinii pe timpul manevrei acesteia.

Sarcini adiționale

- Forța produsă de vânt asupra sarcinii de ridicat şi a structurii portante; se determină pe baza presiunii de calcul a vântului şi a suprafeței pe care acționează aceasta, iar coeficienții luați în considerare diferă de la o Societate de Clasificare la alta. Relația de calcul pentru forța vântului este: $FW = A \cdot p \cdot C$, în care:
  A - este aria suprafeței sarcinii de ridicat şi respectiv a structurii portante, în m^2
  p - este presiunea de calcul a vântului, în N/m^2
  C - este coeficientul aerodinamic al sarcinii şi al structurii portante
  Pentru exemplificare, se redau mai jos datele din LRS:
  - $p = 0.613V^2$, în care V este viteza vântului în m/sec, care, în condiții de operare în "ape protejate" se ia V = 20 m/sec.
  - FW = 300N · SWL, este forța vântului asupra sarcinii de ridicat, unde SWL se ia în tone;

  Valorile lui C se aleg dintr-un tabel, funcție de construcția efectivă a structurii portante.
- Sarcina suplimentară produsă de gheața depusă pe structura portantă; conform regulilor GL şi ANR, în cazul în care nu există alte informații, se va considera o grosime a gheții depuse de 30 mm, având o greutate specifică de 7 kN/m3

Combinarea sarcinilor pentru calculul instalației de ridicare

Forța care acționează asupra structurii portante, obținută prin combinarea celor prezentate mai sus este:

$$FT = Fd \cdot [(Ld + Li) + Fh \cdot (LL + Lh1) + Lh2 + Lh3] + FW$$

în care :

Fd = duty factor (1.05 cf. LRS pentru macarale plutitoare)

Ld = dead load, în N

Li = greutatea gheții, în N

Fh = hoisting factor

LL = sarcina de ridicare, în N

Lh1 = componenta orizontală a sarcinii de ridicare datorată ruliului şi tangajului

Lh2 = componenta orizontală a sarcinii de ridicare datorată rotirii instalației de ridicare

Lh3 = componenta orizontală a "dead load" datorată ruliului şi tangajului

FW = forța vântului

Sarcini de calcul şi factori de amplificare în conditia de marş a unității plutitoare (lifting appliance out of operation, în stowed condition)

Structura portantă, suportul de rezemare / amarare a structurii portante precum şi structura corpului în corespondență, trebuie dimensionate / verificate pe baza forțelor care rezultă din următoarele două combinații de calcul:

Accelerația normală la punte ±1.0 g

Accelerația paralelă cu puntea, spre prova şi pupa, ±0.5 g

Unghi static de ruliu de 30°

Viteza vântului egală cu 63 m/sec. acționând spre prova şi pupa

Accelerația normală la punte ±1.0 g

Accelerația paralelă cu puntea, pe direcție transversală, ±0.5 g

Unghi static de ruliu de 30°

Viteza vântului egală cu 63 m/sec. acționând pe direcție transversală

Materiale

Calitatatea (gradului) materialului pentru reperele executate din tabla navală trebuie să se facă şi în funcție de grosimea pieselor respective. De exemplu, conform LRS, relația dintre grosimea şi calitatea oțelului trebuie să fie:

Grosimea, în mm	$t \leq 20.5$	$20.5 \leq t \leq 25.5$	$25.5 \leq t \leq 40$	$40 < t$
Gradul	A/AH	B/AH	D/DH	E/EH

Odată cu "ridicarea în grad" valoarea energiei de impact la temperaturi negative este mai bună.

Temperatura de exploatare: temperatura este un factor important pentru alegerea corectă a materialelor din care se execută componentele instalației de ridicare. Trebuie reținut aspectul esențial şi anume că Regulile Societăților de Clasificare stabilesc valori minimale obligatorii ale energiei de rupere la impact, funcție de rezistența mecanică a oțelului ales, de grosimea piesei şi de

temperatura (negativă) de exploatare a instalației. De asemenea, trebuie avut în vedere faptul că temperatura minimă de exploatare a instalației de ridicare este o informație care trebuie prezentată clar în documentația pe care o avizează Societatea de Clasificare. Dacă temperatura minimă de exploatare nu rezultă explicit din datele care sunt inițial la dispoziție, se poate adopta de proiectant o valoare a acesteia, care, conform ANR este de -25°, iar conform GL de -10°.

6.1.2 Unitatea plutitoare

Unitățile plutitoare sunt elementul de suport al instalației de ridicat. Există o mare varietate de soluții constructive pentru unitățile plutitoare ca geometrie, echipare şi mod de lucru.
Din punct de vedere al geometriei, cel mai frecvent aceste unități plutitoare sunt de tip ponton. În cazuri speciale unitatea plutitoare este în fapt un corp de navă. Unitatea plutitoare poate fi monocorp sau multicorp – catamaran sau cu 4 flotori.

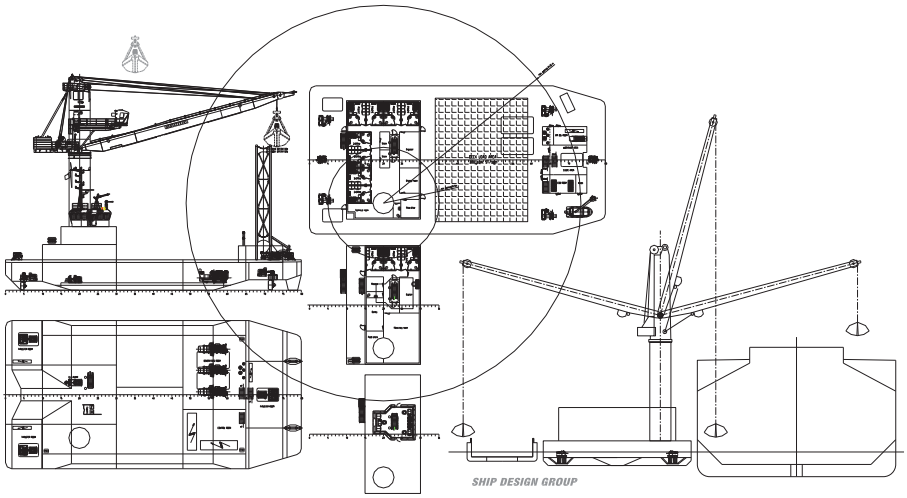


Fig. 6.3 – Macara plutitoare multifuncțională, 35t x 32m (transloader, nava baza, FiFi)

Din punct de vedere al echipării, unitățile plutitoare pot fi dotate sau nu cu:
- unități energetice - energie proprie sau alimentare de la mal sau de la alte nave
- sisteme de propulsie - autopropulsate sau nepropulsate
- spații de cazare pentru echipaj şi/sau pentru personal specializat
- spații de depozitare sub punte (magazii) sau pe punte
- tancuri de bunkeraj şi/sau de colectare
- spații tehnologice pentru întreținere şi lucrări mecanice

- echipamente specializate – Fi-Fi, cercetare submarină, lansare de conducte sau cabluri, sisteme anti-heeling, etc.

Din punct de vedere al modului de lucru, macaralele plutitoare pot fi clasificate după:
- natura mărfii manipulate – bulk, containere, colete sau combinat
- natura operației – ridicare-coborâre, încărcare-descărcare, transfer
- natura flotabilitatii – plutitoare sau semi-submersibile

În ceea ce priveşte proiectare unei macarale plutitoare, aspectele specifice sunt:
- rezistența structurală
- bilanțul energetic
- propulsia
- stabilitatea

Proiectarea structurală trebuie să confere structurii navei suficientă rezistență la acțiunea forțelor rezultate din:
- solicitările induse de instalația de ridicat – forțe verticale şi orizontale, momente în jurul axei verticale (torsiune) şi a axei orizontale (răsturnare)
- foțele de inerție induse de mişcarea brațului macaralei
- forțele de inerție induse de mişcarea navei
- solicitările hidrostatice
- solicitările suplimentare – vânt, gheață, încărcătura pe punte
- eşuare

Analiza structurală se face de regulă prin modelarea cu element finit a unei aproximații inițiale a structurii, rafinarea şi optimizarea structurii şi verificarea îndeplinirii cerințelor impuse de Regulile Societății de Clasificare din punct de vedere al dimensionării şi verificării la oboseală considerând solicitarea ciclică pe o perioadă de viață de 20 ani.

Bilanțul energetic al macaralei plutitoare trebuie să țină cont de următoarele categorii de consumatori:
- instalația de ridicat
- instalația de propulsie / poziționare dinamică
- sistemul antiheeling
- Fi-Fi
- sistemele navei

Soluția cea mai frecvent practicată este instalarea unei centrale electrice având ca sursă de energie 3 – 5 diesel-generatoare astfel dimensionate încât menținând un generator în stand-by să se poată acoperi oricare din următoarele combinații de consumatori:
- sistemele navei + propulsia 100%
- sistemele navei + antiheeling + instalația de ridicat + propulsia 30-50%

- sistemele navei + Fi-Fi + propulsia 60-80%

Această soluție cu sursa de putere centralizată presupune că toți consumatorii au acționare electrică sau electro-hidraulică.

Propulsia macaralei plutitoare (în cazul în care aceasta este autopropulsată) trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- să asigure o viteză de deplasare a macaralei fără sarcină impusă prin caietul de sarcini; în mod uzual această viteză de deplasare este în jurul valorii de 7 noduri
- să asigure menținerea la punct fix a macaralei sub sarcină împotriva efectului advers al vântului (20 m/s) şi al curentului (2-3 nd)
- să asigure un înalt grad de control al poziției macaralei
- Pentru satisfacerea cerințelor de mai sus, soluția cea mai frecvent practicată este utilizarea propulsoarelor omnidirecționale (azimutale sau Voith-Schneider). Amplasarea a 3 – 4 unități de propulsie omnidirecționale asigură o serie de beneficii în operarea macaralei şi anume:
- utilizarea sistemului de propulsie şi ca sistem de poziționare dinamică
- posibilitatea translației navei în orice direcție fără a avea componente de rotație; acest lucru este important la poziționarea precisă a sarcinii
- instalarea unor unități de propulsie de mai mici dimensiuni prin distribuția puterii pe 3-4 unități; implicit aceasta asigură posibilitatea reducerii pescajului şi o mai bună protecție a propulsoarelor

Sistemul antiheeling; acesta are rolul de a reduce înclinările – în special cele transversale – produse de mişcarea macaralei şi de sarcina din macara. După cum s-a arătat la instalațiile de ridicat, acestea au limitări funcționale în ceea ce priveşte unghiurile de înclinare a navei.

Dacă se depăşesc anumite unghiuri – de obicei 5° în planul brațului macaralei şi 2° pe direcție perpendiculară - instalația de ridicat nu mai poate lucra. Pentru a limita unghiurile de înclinarea a unității plutitoare sub sarcina din macara şi a sarcinilor adiționale se utilizeaza trei soluții:

- dimensionarea corespunzătoare a unității plutitoare din punct de vedere a stabilității inițiale astfel încât înălțimea metacentrică să fie suficient de mare ca nava să nu se încline peste unghiurile limită – este cazul navelor a căror macarale sunt mici relativ la dimensiunea navei
- utilizarea de balast cu sistemul obişnuit de balastare a navei, balastarea făcându-se progresiv pe măsura ridicării sarcinii. Este frecvent utilizat dar are dezavantajul de a fi foarte lent în operare.
- instalarea unui sistem de compensare a momentelor de înclinare astfel încât să se genereze un moment de înclinare opus celui produs de macara, iar momentul rezultant să producă o înclinare mai mică decât cea admisibilă;

acest sistem de compensare se realizează de obicei prin transfer de balast şi / sau prin mutarea unor mase solide, rezultând asfel sistemul anti-heeling

Sistemul antiheeling – în acest caz cu utilizarea balastului lichid – este compus din (fig. 6.4):

- tancurile de antiheelinig – în fapt tancuri de balast amplasate în borduri pentru compensarea înclinărilor transversale şi spre extremităţi pentru compensarea înclinărilor longitudinale. Tancurile pereche au de regulă acelaşi volum şi sunt simetrice faţă de PD sau L/2. Aceste tancuri sunt permanent umplute în procent de 50%. Dimensionarea lor se face astfel încât la transferul balastului circa 80% într-un bord şi 20% în bordul opus să se realizeze momentul de înclinare dorit. Grad mai mare de umplere / golire nu este recomandat deoarece pe de o parte la supra-umplere există riscul pierderii de balast prin tubulatura de aerisire iar pe de altă parte la golire excesivă există riscul dezamorsării pompelor de transfer.
- pompele de transfer sunt de regulă pompe axiale care au debit mare şi presiune mică. Debitul necesar al acestor pompe se determină în relaţie cu viteza de mişcare a macaralei astfel pe cât posibil să se asigure transferul balastului dintr-un bord în celălalt în acelaşi timp (sau comparabil) cu timpul necesar rotirii macaralei din bord în bord. Cu titlu de exemplu, aceste pompe pot ajunge la debite de ordinul 2000-20000 m3/s. În plus, construcţia pompei permite ca prin reglarea vitezei de rotaţie a pompei să se realizeze şi menţinerea diferenţei de nivel a balastului din bordurile opuse (valvulele utilizate în sistemul antiheeling se folosesc numai când sistemul nu funcţionează, pentru izolarea tancurilor)
- tubulatura de transfer; pe lânga dimensionarea corespunzatoare a tubulaturii în relaţie cu debitul, trebuie avut în vedere amplasarea acestor tubulaturi la conectarea cu tancurile. Debitele foarte mari pot produce “denivelarea” lichidului din tancuri astfel încât în zona tubulaturii să obţină la un moment dat un nivel de lichid total diferit de cel din restul tancului producând fie absorbţia de aer fie evacuarea pe aerisiri înainte de a se atinge nivelul mediu dorit de lichid în tanc. Pentru atenuarea acestui efect, tubulatura de transfer se “înţeapă” în puncte multiple în tanc, iar configuraţia interioara a structurii tancului în zona respectivă este astfel concepută încât să favorizeze disiparea rapidă a apei.
- sistemul de comandă are rolul de a asigura corelarea dintre momentul de înclinare necesar şi cel efectiv realizat. Pentru aceasta se instalează senzori care percep mişcarea macaralei (unghi de rotaţie, deschidere braţ), sarcina din macara, unghiurile de înclinare ale navei, nivelul de apă din tancurile de antiheeling. Informaţia de la aceşti senzori este transmisă unei unităţi de calcul care calculează momentul necesar pentru compensarea înclinării şi comandă pompele de transfer. În cazul unor blocaje sau imposibilitatea

realizării momentului necesar, sistemul de comandă opreşte instalaţia de ridicat.

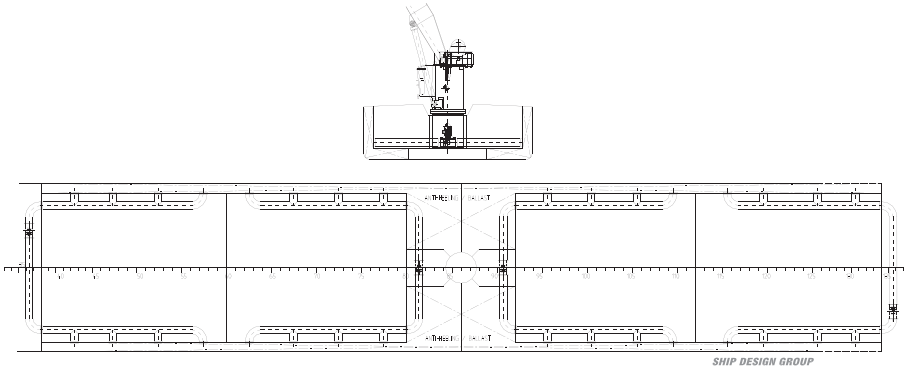


Fig. 6.4 – Sistem anti-heeling pe o navă de tip crane-barge

De reţinut că nu orice moment extern de înclinare produs de macara poate fi compensat prin sistemul antiheeling. Indiferent de capabilităţile acestui sistem, stabilitatea iniţială a unităţii plutitoare trebuie să fie suficientă ca în cazul nefuncţionării sistemului antiheeling sau a funcţionării defectuoase, unghiurile de înclinare rezultate să nu pună în pericol stabilitatea navei, chiar dacă instalaţia de ridicat nu mai poate funcţiona.

Stabilitatea macaralelor plutitoare

Stabilitatea macaralelor plutitoare se va analiza din trei puncte de vedere:

- stabilitatea operaţională
- cerinţe generale
- cerinţe specifice

Stabilitatea operaţională presupune analiza înclinărilor statice ale navei sub acţiunea momentului de înclinare produs de macara, de sarcina din macara şi de vânt. Aceste înclinări trebuie să se încadreze în limitele de funcţionare impuse de constructorul macaralei. În cazul în care nava este prevăzută cu sistem antiheeling, efectul acestuia se va lua în considerare. Calculele se realizează pe baza teoriei stabilităţii iniţiale (la unghiuri mici de înclinare) cu considerarea tuturor efectelor adverse asupra înălţimii metacentrice – efectul suprafeţelor libere şi al maselor suspendate.

Cerinţele generale de stabilitate sunt cele prevazute în rezoluţia IMO A749(18) şi se referă la criteriile de stabilitate ce trebuiesc îndeplinite în funcţie de forma unităţii plutitoare – nava obişnuită sau nava tip ponton – după caz.

Cerinţele specifice de stabilitate sunt aplicabile numai macaralelor plutitoare dacă (cf. GL) braţul de înclinare produs de sarcina $P \cdot d/\Delta > 0.1$ m şi se referă la (conform BV):

a) cerințe de stabilitate la ridicarea sarcinii (fig. 6.5); în acest caz:
   - unghiul de echilibru static (sub sarcină şi balast de compensare) $\theta c \leq 15°$
   - brațul de stabilitate la θc, $GZ_c \leq 0.6\ GZ_{max}$
   - rezerva dinamică de stabilitate $A_1 \geq 0.4\ A_{tot}$
   - bordul liber rezidual la înclinare este mai mare de 0.30 m

   unde A_{tot} este aria totală de sub curba GZ, iar A_1 este calculată până la minimul dintre θ_F (unghiul de inundare) şi θ_R (unghiul de răsturnare).
   Brațul momentului de înclinare este calculat ca : $b = (P \cdot d - Z \cdot z)/\Delta$
   unde Z este cantitatea de balast utilizată pentru compensare, iar z este ordonata centrului de greutate al balastului.

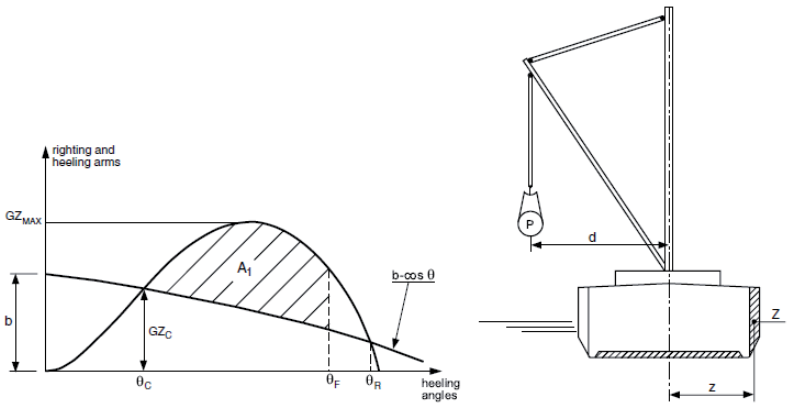


Fig. 6.5 – Stabilitatea macaralei plutitoare la ridicarea sarcinii

b) cerințe de stabilitate la pierderea accidentală a sarcinii (fig. 6.6); aceste cerințe sunt obligatorii atunci când se utilizeaza sisteme de compensare a momentului de înclinare (balast sau sistem antiheeling). Scenariul considerat presupune ca pe parcursul ridicării sarcinii, aceasta este pierdută din macara. În acest caz:
   - $A_2/A_1 \geq 1$
   - $\theta_2 - \theta_3 \geq 20°$

   unde:
   - A_1 : aria între curba GZ şi curba brațului de înclinare de la θ_1 la θ_C
   - A_2 : aria între curba GZ şi curba brațului de înclinare de la θ_C până la θ_2 (minimul dintre unghiul de inundare θ_F şi unghiul de răsturnare θR)
   - θ3 : unghiul de echilibru dinamic după pierderea sacinii, la care $A_1 = A_3$, dar nu mai mare de 30°

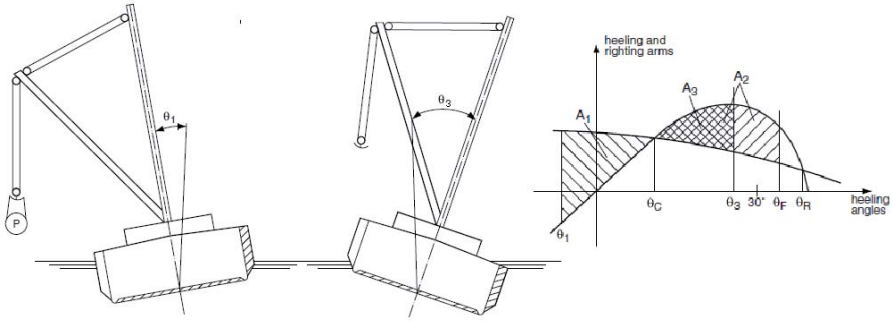


Fig. 6.6 – Stabilitatea macaralei plutitoare la pierderea din cârlig a sarcinii

Criteriile a) şi b) se vor verifica în 4 poziţii extreme ale sarcinii, la deschidere maximă şi minimă, în fiecare bord. DNV, GL, ABS, folosesc criterii diferite dar bazate pe acelaşi concept.

6.2 Docuri plutitoare

Docurile plutitoare sunt platforme tehnologice nepropulsate destinate lansării şi ridicării din imersiune a navelor. Sunt echipamente aproape nelipsite din şantierele de reparaţii nave. Cu ajutorul lor navele sunt scoase din apă în vederea reparaţiilor şi lansate la apă la finalizarea lucrărilor.

Fig. 6.7 – Nava în doc – ridicată (st) şi în plutire (dr)

Din punct de vedere constructiv docul plutitor este o construcţie în formă de U formată dintr-un ponton prevăzut cu două turnuri laterale, turnurile extinse pe toată lungimea pontonului. Construcţia poate fi realizată din oţel sau din beton armat.

Din punct de vedere funcţional, docul este o platformă plutitoare semi-submersibilă. Prin inundarea controlată a tancurilor de balast prevăzute în interiorul pontonului şi al turnurilor, docul coboară în imersiune astfel încât plafonul pontonului ajunge la un pescaj suficient care să permită accesul navei

între turnurile docului. După aceasta, balastul este descărcat şi docul se ridică împreuna cu nava. Pentru lansarea navei se procedează în ordine inversă.
Caracteristica ce defineşte un doc este capacitatea de ridicare şi anume deplasamentul maxim al navei ce poate fi ridicată cu docul. Ex: doc 800 t.
Din punct de vedere al amenajării şi dotării, caracteristic unui doc plutitor sunt (fig. 6.8):

- tancurile de balast al căror volum este suficient pentru imersarea docului la pescajul maxim de imersiune
- compartiment pompe aflat în pontonul docului
- spații tehnologice – compartiment maşini, spații pentru echipaj, ateliere, etc.
- camera de comandă a docului
- culoare şi tunele de circulație
- scări şi platforme interioare şi exterioare
- macarale ce se pot deplasa pe turnurile docului
- blocurile de andocare (numite şi tacheți sau blocuri de chilă) sunt suporții pe care se aşează nava la andocare
- sistem de amarare a navei andocate
- sistem de menținere a docului "la punct fix" cu ancore, vinciuri de amarare sau piloni

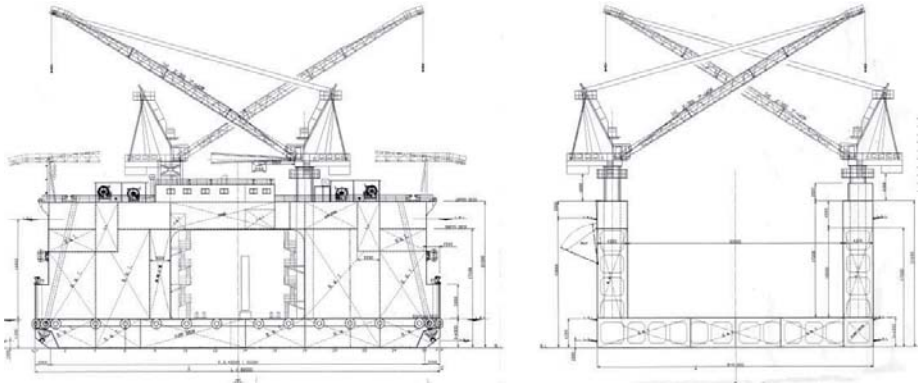


Fig. 6.8 – Plan general doc plutitor

Pe lângă dotările de mai sus, docurile plutitoare sunt echipate cu sisteme de control al pescajului, înclinărilor transversale şi longitudinale, nivelului de apă în tancurile de balast, debitele de umplere / golire ale tancurilor de balast, sistem de măsurare al deformatei longitudinale şi transversale şi uneori sistem de măsurare al tensiunilor în punctele critice ale structurii docului.
Pentru facilitarea şi siguranța operațiunilor de andocare, docurile moderne sunt prevazute cu calculator de bord. Acesta permite calculul de andocare, simularea

diferitelor scenarii şi controlul operației de andocare prin integrarea sistemelor de măsură şi control.

Dimensionarea docurilor plutitoare (fig. 6.9)

a) Datele inițiale: uzual, pentru proiectarea unui doc plutitor sunt impuse următoarele valori:
   - capacitatea de ridicare Q
   - dimensiunile utile ale platformei docului (puntea de lucru), respectiv L_P x B_P
   - pescajul maxim al navei ce urmează a fi andocate T_N

b) Elemente inițiale: din considerente de exploatare se stabilesc:
   - înălțimea blocurilor de andocare (hB); aceasta este cel mai frecvent cuprinsă între 1.2 şi 1.5 m
   - bordul liber al platformei docului (FP); în funcție de dimensiunile docului, locația de amplasare, înălțimea valurilor din zonă, regulile locale, această valoare este între 0.3 şi 1 m
   - bordul liber a turnurilor docului la imersiune maximă (FT); de regulă această valoare se stabileşte pe baza rezervei de flotabilitate, respectiv volumul etanş emers al docului aflat la pescajul maxim T3; această rezervă de flotabilitate trebuie să reprezinte (4.5 .. 6) % din volumul etanş total al docului; oricum, bordul liber FT > 1.0 m.

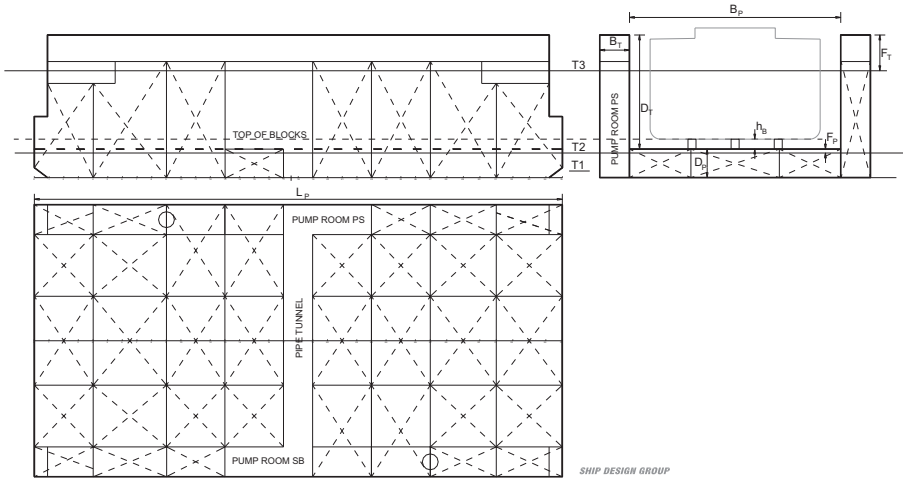


Fig. 6.9 – Schema de tancuri şi elemente dimensionale doc plutitor

c) Variabilele: pentru stabilirea dimensiunilor se vor determina:
   - înălțimea pontonului DP
   - înălțimea turnurilor DT

- lățimea turnurilor BT

Din calcule vor rezulta şi pescajele T_1, T_2 şi T_3

d) Ecuațiile: variabilele vor fi determinate din condiția de îndeplinire a următoarelor condiții:

- Capacitatea docului : $Q = \Delta_2 - \Delta_1$

  unde:

  Δ_2 = deplasamentul docului la maximă încărcare (nava andocată dar fară balast), corespunzător pescajului T_2

  $\Delta_2 = \rho L_P (B_P + 2 B_T) T_2$

  Δ_1 = deplasamentul docului în situație de lucru, fără balast, fără navă, dar cu tot echipamentul necesar la bord, corespunzător pescajului T_1

  $\Delta_1 = \rho L_P (B_P + 2 B_T) T_1$

  unde:

  Δ_1 = se determină în cadrul proiectului prin calculul de mase

  Pentru startarea procesului iterativ, se poate considera ca aproximație inițială: $\Delta_1 = c V$

  unde:

  c = coeficient de masă = 0.15 .. 0.18 t/m^3 la construcția din oțel şi 0.3..0.4 t/m^3 la docurile de beton

  V = volumul total al docului

- Rezerva de flotabilitate: $2 F_T L_P > x\% [L_P D_P (B_P+2B_T) + 2 L_P B_T D_T]$

  unde: x% = rezerva de flotabilitate impusă de regula 6/100

- Relații geometrice:
  - înălțimea turnurilor $D_T = T_N + h_B + F_T$
  - pescajul maxim de imersare $(D_T + D_P) = T_3 + F_T$
  - pescajul operațional $T_2 = D_P – F_P$

Stabilitatea docurilor plutitoare

Caracteristica specială a analizei stabilității docurilor plutitoare este dată de doi factori: forma particulară ponton U şi respectiv prezența navei pe doc ca un al doilea plutitor. Forma în U a docului conduce la o discontinuitate a curbelor Aw(T), KM(T) şi BM(T) la nivelul platformei docului, respectiv la pescajul D_P (fig 6.10). Aceasta discontinuitate este dată de modificarea bruscă a momentului de inerție al suprafeței de plutire care influențează direct raza metacentrica BM = Ix/V. Mai concret, la variații infinit mici ale pescajului T în jurul valorii D_P, volumul V, cota centrului de carena KB şi cota centrului de greutate KG se pot considera constante, în schimb momentul de inerție al suprafeței de plutire este dat de întreaga suprafață de plutire a pontonului sub

nivelul D_P şi respectiv doar de suprafața de plutire a turnurilor deasupra nivelului D_P

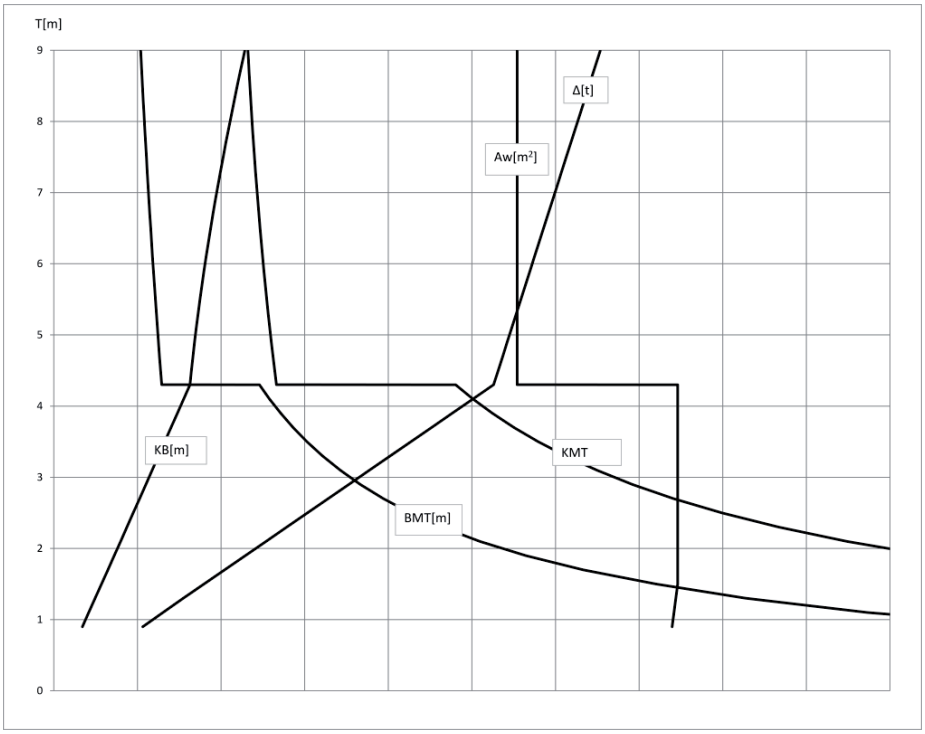


Fig. 6.10 – Curbele de carene la un doc plutitor

Cele de mai sus conduc la o scădere bruscă a cotei metacentrului KM = KB+BM şi a înălțimii metacentrice GM = KM – KG în momentul când pe timpul imersării, pescajul creşte peste nivelul platformei docului.
Cel de al doilea aspect, prezența navei pe doc, induce o nouă discontinuitate în evoluția caracteristicilor de deplasament stabilitate în momentul când pescajul de imersare este corespunzător nivelului superior al blocurilor de andocare la care se află fundul navei, respectiv pescajul $T = D_P + h_B$ (fig. 6.11).
În consecință stabilitatea docurilor plutitoare pe timpul imersării / emersării trebuie analizată pe trei zone distincte de variație a pescajului

- Zona de la pescajul docului liber T_1 la pescajul pontonului docului D_P
- Zona de la pescajul pontonului docului D_P la nivelul blocurilor de andocare ($D_P + h_B$)
- Zona de la nivelul blocurilor de andocare ($D_P + h_B$) la pescajul maxim T_3

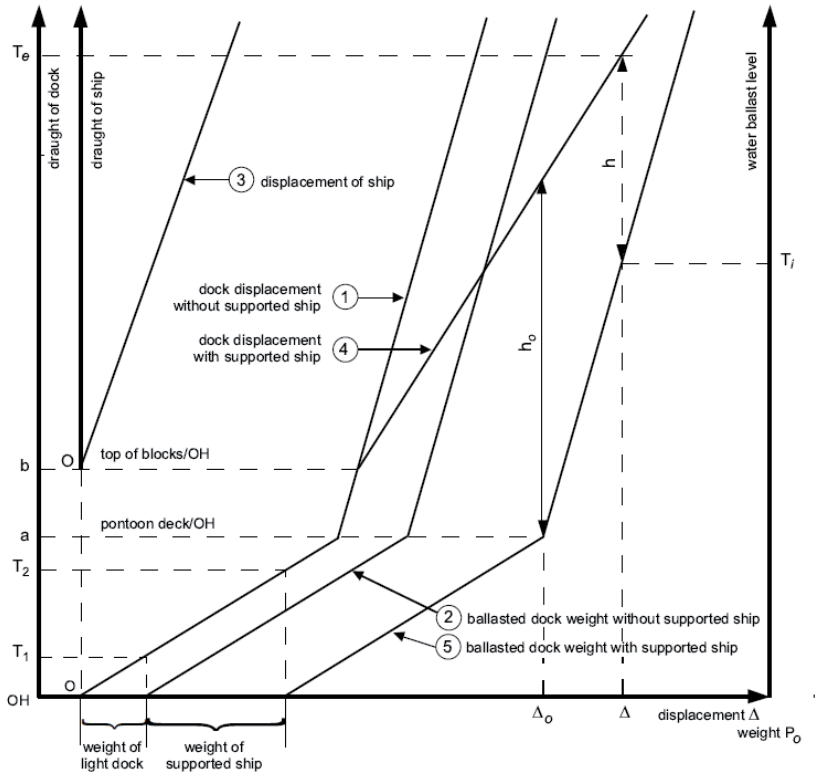


Fig. 6.11 – Curbele deplasament-pescaj la un doc plutitor (cf. BV)

Din punct de vedere al Regulilor Societăților de Clasificare, cerințele de stabilitate sunt:

Cazurile de încărcare în care se analizează stabilitatea:

a) docul la pescajul de lucru cu cea mai defavorabilă nava andocată
b) docul cu pontonul imersat la nivelul blocurilor de andocare şi cea mai defavorabila navă pe blocuri, astfel încât aria de plutire să fie dată doar de turnuri
c) docul la pescajul maxim de imersiune

Cerințele stabilității suficiente sunt date de îndeplinirea următoarelor criterii în cazurile de încărcare de mai sus:

- înălțimea metacentrica corectată cu efectul suprafețelor libere va fi mai mare de 1.0 m
- în cazul de încărcare a), înclinarea dată de vânt să nu producă imersarea platformei docului

Se calculează şi curbe limită de stabilitate, KG admisibil în funcție de masa ambarcată.

Rezistența structurală a docurilor plutitoare

Rezistența structurii docurilor plutitoare se analizează sub efectul a trei categorii de forțe: greutatea structurii docului şi a balastului, presiunea apei şi greutatea navei (navelor) andocate. Sub efectul acestor forțe se va analiza rezistența locală, rezistența transversală şi longitudinală.
Rezistența locală se analizează în special în dreptul blocurilor de andocare rezultând forțele maxime admisibile pe fiecare bloc de andocare. Valorile acestor forțe împreună cu pozițiile blocurilor de andocare sunt înscrise în planul de amplasare al blocurilor de andocare.
Calculul rezistenței transversale, specific navelor cu lățime mare, este obligatoriu pentru docurile plutitoare datorită particularităților secțiunii transversale: lățimea mare în raport cu înălțimea pontonului, secțiunea cea mai slabă aflată în zona planului diametral (la mijlocul deschiderii), greutatea mare la capete produsă de turnuri şi de balastul din acestea şi nu în ultimul rând greutatea navei (navelor) andocate. Împreună cu presiunea apei, aceste sarcini conduc la forțe tăietoare şi momente încovoietoare semnificative care trebuie luate în considerare la dimensionarea structurii (fig. 6.12).

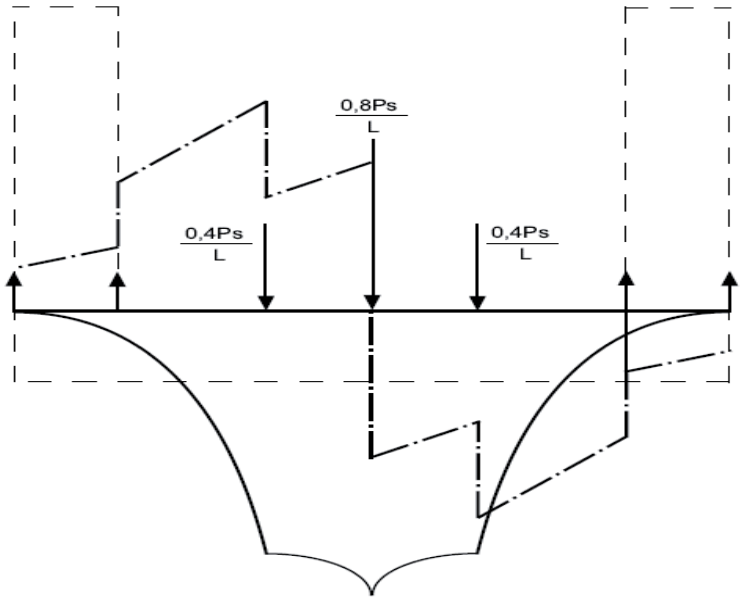


Fig. 6.12 – Distribuția transversală de forțe tăietoare şi momente încovoietoare la andocarea în dana triplă

Rezistența longitudinală se analizează prin construcția diagramelor de forțe tăietoare şi momente încovoietoare în sens longitudinal sub efectul distribuției

de greutăți ale docului, balastului şi navei andocate. Pentru nava andocată, distribuția de greutăți a acesteia este convertită în reacțiunile din blocurile de andocare. Un aspect particular al reacțiunii din blocurile de andocare este că acestea sunt variabile pe parcursul andocării atât datorită variației flotabilității navei andocate cu modificarea pescajului cât şi datorită rotirii pe călcâi a navei în faza incipientă a andocării când are loc modificarea de asietă a navei andocate. Valorile efective ale forțelor tăietoare şi momentelor încovoietoare se compară cu valorile admisibile. La docurile lungi se efectueaza şi calculul deformațiilor docului. Aceste deformații trebuie sa fie suficient de mici pentru a nu modifica semnificativ reacțiunile în blocurile de andocare.

Desprinderea

În cele mai multe cazuri, navele ce urmează a fi andocate nu sunt pe asieta dreaptă. Înclinarea longitudinală a navei aflată în plutire liberă va trebui anulată pe parcursul ridicării când nava andocată va ajunge pe asieta dreaptă. Această rotire se produce în faza incipientă a andocării (sau în faza finală a lansării) şi începe când nava atinge blocul de andocare extrem (de regulă pupa) şi se încheie când nava se aşează pe toate blocurile de andocare. Momentul critic al acestei faze – aşa numita desprindere – are loc atunci când nava este practic pe asieta dreaptă dar se sprijină numai pe
blocul de andocare extrem. La desprindere, forța de reacțiune în blocul extrem este maximă şi egală cu diferența dintre greutatea navei andocate şi deplasamentul navei la pescajul de desprindere.
Calculul pescajului de desprindere şi al forței maxime de reacțiune în acest moment se face conform metodologiei prezentate mai jos (secvența considerată fiind la lansare).
În timpul fazei tranzitorii, nava să se afle sub acțiunea a trei forțe:

- greutatea navei W acționând în G (X_G, Z_G). Greutatea navei W = $g\Delta_0$ unde Δ_0 este deplasamentul navei în situația de lansare, incluzând nava, balastul, echipamentele tehnologice, etc., iar G fiind centrul de greutate al navei în situația de lansare.
- împingerea hidrostatică $g\Delta'$ acționând în B (X_B,Z_B), aceasta fiind în funcție de nivelul relativ dintre navă şi apă
- reacțiunea P din blocul de andocare din extremitatea pupa, acționând în (X_P, Z_P). Cota Z_P este 0, sprijinul fiind pe chilă

Până în momentul desprinderii, greutatea navei este distribuită pe toate blocurile de andocare. La începutul desprinderii, nava având practic asieta zero, rămâne sprijinită numai pe un singur bloc de andocare, de obicei cel din extremitatea pupa. Începutul desprinderii se produce la un pescaj T_1 şi în acest moment forța $P = g(\Delta_0-\Delta')$ este maximă, ea scăzând pe măsură ce nivelul apei creşte.

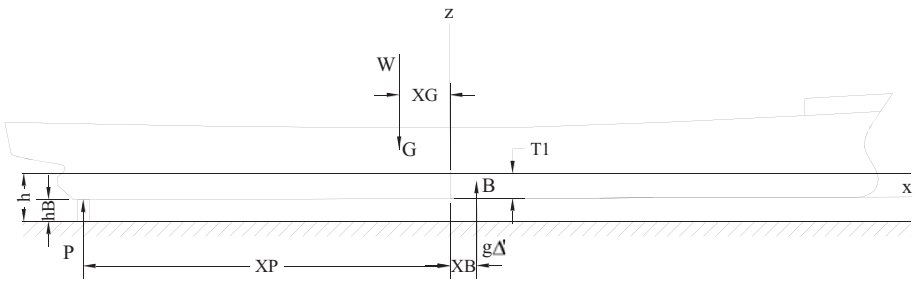


Fig. 6.13 – Schema de calcul pentru determinarea forţei de reacţiune în momentul desprinderii

Determinarea pescajului T_1 la care începe desprinderea se face din ecuația neliniara a momentelor în raport cu punctul de sprijin:

$$W(X_G-X_P) = g\Delta'(X_B-X_P)$$

sau

$$\Delta_0(X_G-X_P) = \Delta'(X_B-X_P)$$

unde valorile Δ' şi X_B sunt funcție de pescajul T_1

Fie h nivelul apei în raport cu platforma şi fie h_B cota chilei în raport cu platforma (înălțimea blocurilor de andocare). Desprinderea va avea loc la un nivel al apei în raport cu platforma:

$$h_1 = h_B + T_1$$

Fie T_0 pescajul mediu şi t asieta navei în plutire liberă. Pescajul maxim al navei în plutire liberă în dreptul ultimului bloc de andocare este:

$$T_{max} = T_0 + (X_P-X_F)\ t / Lpp,$$

unde asieta $t = T_{pv}- T_{pp}$ este diferența pescajelor pe perpendiculare.

Nivelul minim necesar al apei în raport cu platforma pentru a asigura intrarea navei în plutire liberă este:

$$h_{nec} = T_{max} + h_B.$$

Trebuie verificat dacă docul se poate imersa la acest nivel, respectiv:

$$h_{nec} < (T_3 – D_P - h_B).$$

Din punctul de vedere al navei forța maximă de reacțiune P din momentul desprinderii produce solicitarea structurii navei şi modificarea stabilității, aşa cum a fost analizat la Teoria Navei.

Din punctul de vedere al docului forța maximă de reacțiune P din momentul desprinderii produce solicitarea structurii docului şi discontinuitatea în procesul de balastare al docului. Pentru analiza acestor efecte trebuie avut în vedere ca această forță de reacțiune creşte progresiv din momentul când nava atinge blocul de andocare până când asieta devine zero şi nava se aşează pe toate blocurile.

Dupa determinarea forței P, cu valoarea maximă a aceasteia se vor verifica:
- rezistența locală a navei în punctul de sprijin pe blocul de andocare
- rezistența blocului de andocare
- rezistența platformei sub blocul de andocare
- rezistența la strivire a suprafețelor de contact

În cazul când oricare din aceste verificări nu sunt îndeplinite se va recalcula situația de lansare în sensul balastării navei pentru reducerea asietei în plutire liberă.

O altă problemă care poate să apară în faza de desprindere este alunecarea sau rotirea navei pe blocul de andocare. Aceste efecte pot să apară datorită vântului, curenților sau tensiunilor asimetrice din sistemele de fixare / legare a navei. Mişcarea navei pe blocul de andocare trebuie evitată, ea poate produce distrugerea suprafeței de contact, răsturnarea blocului de andocare sau deplasarea punctului de contact în zone mai slabe ale navei.

Operațiunea de andocare

Pentru efectuarea operațiunii de andocare se au în vedere următoarele:
- verificarea compatibilității între doc şi navă
- calculul de andocare
- pregătirea navei în vederea andocării
- pregătirea docului în vederea andocării
- andocarea propriu-zisă

Compatibilitatea doc-nava

a) Dimensiunile navei:
   - lungimea pontonului docului condiționează lungimea maximă a navei andocate; lungimea navei poate fi cu până la 20% mai mare ca lungimea docului;
   - lățimea între turnuri condiționează lățimea navei ce poate fi andocată; lățimea navei va fi cu cel putin 1 m mai mică decât lățimea liberă între turnuri
   - pescajul de imersiune; distanța de la pescajul de maximă imersiune al docului până la fața superioară a blocurilor de andocare condiționeaza pescajul navei ce poate fi andocată

b) Capacitatea de ridicare:
   Fie Δ_N deplasamentul navei în condiții de andocare şi fie Q capacitatea de ridicare a docului. Trebuie indeplinită condiția $\Delta_N < Q$

Calculul de andocare

Acest calcul presupune:

- identificarea datelor navei – deplasament, pescaje, asieta, distribuție de mase
- stabilirea poziției navei pe doc şi a poziției blocurilor de andocare; pentru aceasta planul de andocare al navei va fi comparat şi pus de acord cu planul de amplasare al blocurilor de andocare al docului
- calculul reacțiunilor în blocurile de andocare atât în faza tranzitorie (pâna la anularea asietei) cât şi în stadiul final cu nava complet emersată
- verificarea sarcinilor din blocurile de andocare şi compararea acestora cu valorile admisibile atât pentru navă cât şi pentru doc
- calculul de pescaj, asietă şi stabilitate ale docului plutitor şi verificarea cerințelor
- calculul forțelor tăietoare şi momentelor încovoietoare longitudinale şi transversale ce apar în structura docului şi compararea cu valorile admisibile
- calculul de stabilitate al navei andocate şi verificarea criteriilor de stabilitate
- simularea prin calcul a secvenței de balastare / debalastare a docului şi verificarea faptului că balastarea este posibilă în orice etapă cu respectarea cerințelor de rezistență şi stabilitate

În cazul în care oricare din verificările de mai sus nu este îndeplinită, se reface calculul prin modificarea următorilor parametri pâna la îndeplinirea tuturor criteriilor:

- modificarea poziției navei în raport cu docul prin reamplasarea navei
- modificarea aranjamentului blocurilor de andocare
- starea navei prin modificarea situației de mase care vor influența pescajul şi asieta; această modificare se face fie prin descărcarea de încărcătură şi rezerve fie prin balastarea navei

Pregătirea navei

Pregătirea navei în vederea lansării / andocării constă in:

- asigurarea distribuției de mase (încărcătură, rezerve, balast) conform calculelor de andocare
- marcarea reperelor de andocare
- verificarea etanşeității învelişului, compartimentelor şi a dopurilor de fund
- închiderea uşilor etanşe şi a tubulaturilor prin care poate avea loc inundarea progresivă în caz de avarie

Pregătirea docului

Pregătirea docului în vederea andocării constă în:

- verificarea funcționării sistemelor de balast şi control al pescajelor, înclinărilor şi deformațiilor
- verificarea etanşeității turnurilor
- aducerea elementelor macaralelor pe poziția de repaos şi asigurarea lor
- amplasarea blocurilor de chilă conform planului de andocare (amplasare orizontală şi înălțimi), verificarea stării acestora în special a stratului de protecție din lemn
- marcarea reperelor de andocare

Andocarea

Pentru andocarea propriu-zisă se parcurg următoarele faze:

- balastarea docului până se atinge pescajul necesar pentru andocare
- aducerea navei pe poziția de andocare prin alinierea reperelor de andocare marcate pe navă şi pe doc asigurându-se astfel poziționarea dorită a navei în raport cu docul
- amararea navei de doc
- debalastarea docului conform secvenței de debalastare până la emersarea platformei docului

6.3 Barje semisubmersibile

Barjele (pontoane) semisubmersibile sunt nave destinate transportului pe punte a unităților plutitoare – nave, submarine, picioare de platforme de foraj, turnuri de mori de vânt, etc.

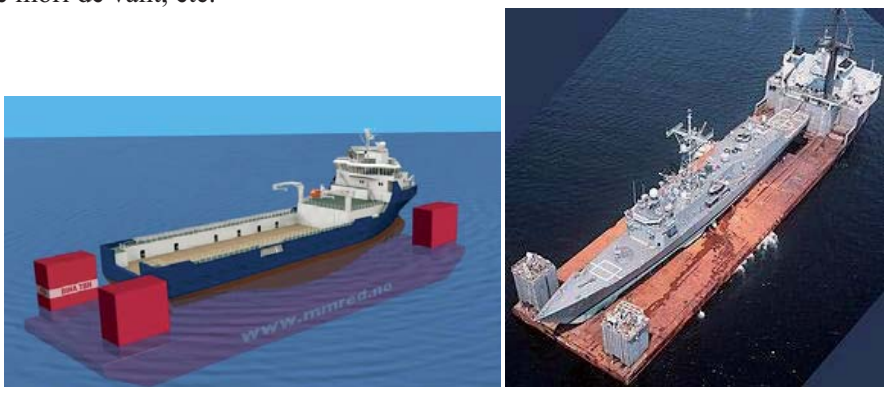


Fig. 6.14 – Barje semisubmersibile

Încărcarea - descărcarea acestor unități plutitoare pe barjă se face prin imersarea barjei şi transferul în plutire a unității plutitoare deasupra barjei.
Din punct de vedere constructiv şi funcțional sunt destul de apropiate de docurile plutitoare cu două deosebiri principale:

- sunt destinate transportului de mărfuri şi navigației, fie autopropulsate fie prin remorcare
- structura şi amplasarea elementelor de flotabilitate (turnurile) este diferită în sensul de a crea cât mai mult spațiu pe punte pentru încărcarea mărfurilor agabaritice.

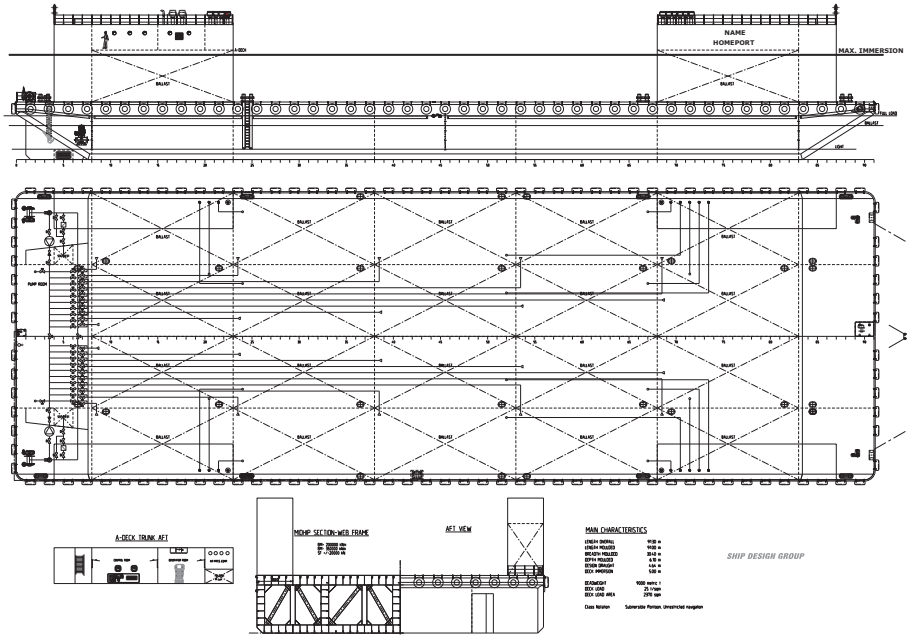


Fig. 6.15 – Plan general barja semisubmersibilă

Funcționarea este similară, respectiv puntea (platforma) barjei este imersată prin balastarea tancurilor din corp şi turnuri, iar după aducerea unității plutitoare de încărcat deasupra barjei tancurile de balast se golesc iar barja se ridică împreună cu încărcătura. Din punct de vedere al amplasării turnurilor nu se practică sistemul de turnuri de la docuri (extinse pe toată lungimea navei). Există câteva modalități de amplasare:

- amplasarea a 4 turnuri aproximativ egale în colțurile barjei (fig. 6.14 st., fig. 6.15)
- amplasarea a trei turnuri, două egale în pupa şi unul mărit în prova (fig. 6.14 dr.)
- amplasarea unuia sau a două turnuri la o singură extremitate.

Rolul turnurilor:
- de a crea spațiu pentru echipaj, echipamente şi camere de comandă
- de a asigura rezerva de flotabilitate pe timpul imersării necesară în calculul de stabilitate
- de a aduce gurile de aerisire pentru tancuri şi încăperi deasupra linei de supraimersiune

Calculul de amplasare şi ridicare a încărcăturii precum şi sistemele de balastare şi control al operării este asemănător cu al docurilor plutitoare. Caracteristic barjelor semisubmersibile sunt:
- modalitatea de control a imersării
- rezistența structurală
- stabilitatea

Modalitatea de control a imersării
- Rezerva de flotabilitate (volumul emers raportat la volumul imers) va fi conform DNV de minim 4.5% pentru întreaga navă şi minim 1.5% pentru oricare din structurile prova şi pupa.
- Pentru navele cu structuri etanşe la ambele extremități, nava se afla în plutire liberă controlată de flotabilitatea turnurilor (fig. 6.16 dr-sus)
- Pentru navele cu structuri flotabile numai la o extremitate echilibrul navei în plutire este asigurată fie cu macara de pe alta navă, fie cu piloni culisanți, fie prin eşuarea unei extremități (valabil numai acolo unde adâncimea şi natura fundului permite aceasta manevră) (fig. 6.16)

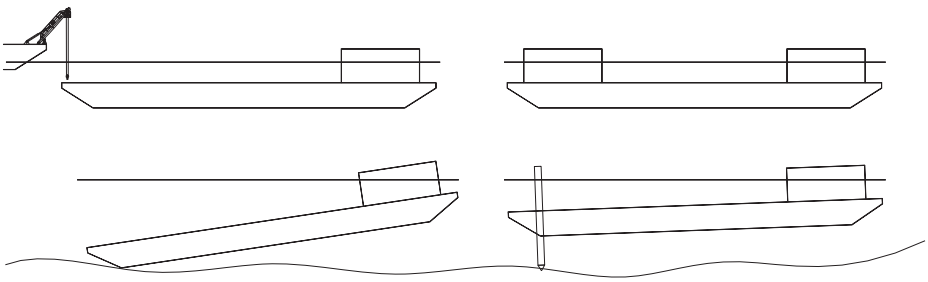


Fig. 6.16 – Modalități de control a imersării

Rezistența structurală
Particularitatea calculului de rezistență o constituie sarcinile aplicate pe puntea deschisă. Aceasta este solicitată de:
- presiunea exterioară a apei cu nava la imersare maximă
- presiunea interioară a apei din tancurile de balast cu nava la pescaj minim; a se ține cont ca aerisirile tancurilor sunt la mare înălțime (pe

turnuri) şi ca atare presiunea hidrostatică este dată de coloana de apă până la vârful aerisirilor
- sarcina statică pe punte; aceasta poate fi distribuită (de ordinul 5 – 25 t/m^2) sau concentrată în zona blocurilor de andocare sau a punctelor de amarare a încărcăturii
- solicitări dinamice în navigaţie respectiv presiuni dinamice din val şi forţe de inerţie ale structurii şi încărcăturii
- solicitare din încovoierea generală a navei atât longitudinal cât şi transversal

Calculele de rezistenţă structurală se realizează atât în condiţia de navigaţie (transit condition) cât în condiţia de imersare (temporarily submerged condition).

Dimensionarea structurii se face conform experienţei proiectantului şi se verifică şi rafinează prin calculele cu aplicarea metodei elementului finit. Se vor defini mai multe cazuri de calcul care să permită verificarea structurii în diferite cazuri de încărcare şi combinaţii ale sarcinilor de calcul. Câteva cazuri de bază (nu unicele) sunt:
- structura sub greutatea proprie
- nava în condiţia de navigaţie sub presiunea exterioară
- nava în condiţia de navigaţie sub sarcina statică şi dinamică a încărcăturii
- nava în condiţia de imersare sub presiunea exterioară
- nava în condiţia de emersare sub presiunea interioară

Cazurile de încărcare în care se verifică structura rezultă din combinarea cazurilor de bază de mai sus în corelaţie cu situaţia de exploatare analizată .

Stabilitatea barjelor semisubmersibile

Stabilitatea barjelor semi-submersibile se analizează în două situaţii de exploatare:

a) În condiţia de navigaţie cu încărcătura pe punte

Stabilitatea intactă în condiţii de navigaţie se supune regulilor din The International Code on Intact Stability (2008 IS Code) Part A, Ch. 2.2, 2.3 şi Part B, Ch.2.4.5 acolo unde sunt aplicabile. Aria velică va include şi încărcătura pe punte. Dacă încărcătura (fixată) pe punte dispune de flotabilitate proprie aceasta poate fi luată în calcul. Dacă încărcătura de pe punte poate acumula (absorbi) apa, aceasta se va lua în considerare. Se va considera şi gheaţa dacă este cazul.

Stabilitatea de avarie în condiţii de navigaţie se supune în general regulilor SOLAS Ch.II. Dacă nava are bordul liber redus de tip B-60 sau B-100 atunci nava se supune cerinţelor din ICLL 1966 Reg.27, incluzând IACS UI LL65. Calculele se vor efectua considerând tancurile avariate ca fiind goale şi cu considerarea flotabilităţii încărcăturii pe punte dacă este cazul şi dacă acestea sunt în afara extinderii avariei.

b) În condiția de imersare

Stabilitatea intactă în condiții de imersare trebuie demonstrată în toate fazele secvenței de imersare-ridicare. O atenție deosebită trebuie acordată considerării interacțiunii dintre barjă şi încărcătura, respectiv variației reacțiunilor în funcție de pescaj. Dacă este cazul se vor evidenția limitările meteorologice (vânt, valuri) în care poate avea loc imersarea barjei. Efectul suprafețelor libere va fi deasemenea luat în considerare.

Criteriile de stabilitate intact**ă** sunt:
- înălțimea metacentrică va fi mai mare de 0.3 m
- domeniul pozitiv al diagramei va fi de minim 15 grade iar aerisirile tancurilor nu trebuie să fie imersate în acest domeniu
- brațul maxim de redresare va fi de minim 0.1 m
- unghiul de maxim al diagramei de stabilitate va fi de cel putin 7 grade

Diagrama de stabilitate va fi calculată nu numai la înclinări transversale ci şi dupa o axă de înclinare oarecare pentru a identifica cele mai defavorabile situații.

Stabilitatea de avarie în condiții de imersare se va analiza în condiția inundării accidentale a oricărui compartiment, urmată dacă este cazul de deplasarea încărcăturii datorită înclinărilor apărute dupa inundare. Analiza stabilității de avarie trebuie să acopere toate stadiile relevante ale operației de încărcare / descărcare.

Criteriile stabilității de avarie sunt:
- domeniul pozitiv al diagramei va fi de minim 7 grade iar aerisirile tancurilor nu trebuie să fie imersate în acest domeniu
- brațul maxim de redresare va fi de minim 0.05 m
- unghiul de înclinare al navei nu va depăşi 15 grade
- plutirea finală de echilibru nu va produce imersarea deschiderilor de inundare (exceptând cele de la compartimentul considerat avariat)

6.4 Nave de ranfluare

O categorie aparte a navelor semisubmersibile o constituie pontoanele de ranfluare. Acestea au rolul de a ridica navele eşuate sau scufundate.

Indiferent de metoda de ranfluare, înainte de începerea lucrărilor trebuiesc parcurse câteva etape:
- analiza gradului de avarie a navei eşuate, determinarea locației şi dimensiunilor avariei precum şi a compartimentelor inundate şi a celor rămase etanşe

- identificarea caracteristicilor navei şi determinarea stării de încărcare – cargo, rezerve, balast
- analiza gradului de eşuare, a extinderii ventuzei şi a naturii fundului
- identificarea scurgerilor de produse poluante
- necesitatea întăriturilor structurale şi a etanşărilor suplimentare
- decizia asupra metodei de ranfluare

Orice operațiune de ranfluare conține patru etape:

- smulgerea, respectiv ridicarea navei de pe fund şi învingerea ventuzei ce apare între navă şi fundul apei; în funcție de adâncime, de natura fundului şi de suprafața de contact, forța de smulgere poate fi de pâna la 10 ori mai mare decât greutatea navei ranfluate
- ridicarea navei pâna la emersarea parțială
- transportul din zona de ranfluare
- punerea în plutire sau după caz dezmembrarea navei ranfluate

Una din metodele de ranfluare constă în utilizarea de nave specializate – pontoanele de ranfluare. Acestea sunt de două tipuri: monocorp sau multicorp.

Sistemul monocorp constă într-o barjă (ponton) dotat cu sistem de balastare şi sistem de ridicare cu vinciuri. Cablurile de ridicare trec prin corpul barjei şi sunt dotate cu un sistem de compensare al mişcărilor din oscilațiile verticale ale navei. Un astfel de sistem a fost utilizat la recuperarea epavei submarinului Kursk (fig 6.17).

Fig. 6.17 – Barja de ranfluare;
Schema de lucru la ridicarea submarinului Kursk (st);
Vinciurile de ridicare cu sistemele hidraulice de compensare (dr)

Sistemul multicorp este constituit din două corpuri imersabile unite la partea superioară cu o structură de rezistență (fig. 6.18).

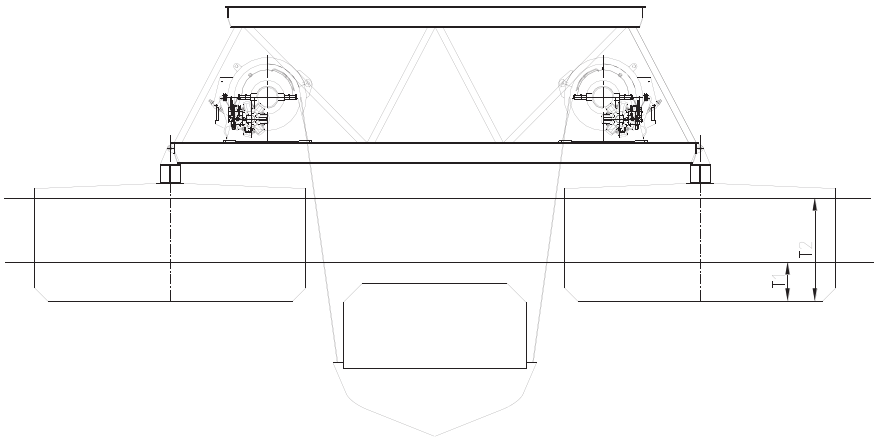


Fig. 6.18 – Plan de principiu al sistemului de ranfluare cu două barje

Modul de lucru al sistemului este următorul:
- se poziționează sistemul deasupra navei scufundate
- se imersează parțial pontoanele prin balastare
- se leagă nava scufundată de vinciurile de ridicare
- se efectuează prima fază a ridicării (smulgerea); deoarece forțele de smulgere sunt de regulă mult mai mari decât greutatea navei ranfluate, smulgerea se realizează prin debalastarea pontoanelor utilizând forța de flotabilitate şi nu forța vinciurilor; avantajul utilizării forței de flotabilitate pentru smulgere constă în faptul că sistemul de vinciuri se dimensionează la forțe mult mai mici, simplificând construcția şi reducând costurile
- cu ajutorul vinciurilor se ridică nava scufundată până la emersarea ei parțială
- se transportă epava – legată de sistemul de ranfluare – pe locația unde se vor face operațiunile ulterioare

Caracteristic unui astfel de sistem de ranfluare sunt:
- pescajele de lucru, T1 = pescajul navei operaționale fără sarcină şi T2 = pescajul de maximă imersare la balastare
- forța de smulgere dată de diferența între forțele de flotabilitate ale pontoanelor între pescajul T1 şi T2 $Fs = g [\Delta(T2) - \Delta(T1)]$
- forța de ridicare pe vinciuri Fr dată de capacitatea vinciurilor; Notă: forța de ținere pe frână a vinciurilor şi implicit rezistența cablurilor trebuie să fie cel puțin max (Fs şi Fr)

- elemetele geometrice: distanța între pontoane, adâncimea de lucru, lungimea pontoanelor, poziția punctelor de ridicare

Pe baza elementelor de mai sus se determină caracteristicile maximale ale navei care poate fi ranfluată cu acest sistem.

Dotările specifice ale unei nave de ranfluare cu pontoane sunt:
- sistemul de balastare şi control al balastării
- sistemul de ridicare şi control al ridicării: vinciuri, sistem de sincronizare al vinciurilor, sistem hidraulic de compensare al şocurilor şi oscilațiilor navei de ranfluare, sistem de măsurare şi egalizare al forțelor, etc.
- sistemul de poziționare pe zona de lucru: ancore, piloni sau poziționare dinamică

6.5 Alte tipuri de platforme plutitoare

Există o largă diversitate de instalații şi construcții amplasate pe platforme plutitoare. Fără a închide lista se pot aminti (fig. 6.19 .. 6.24):
- pontoane de acostare
- poduri de pontoane
- uzine, insule, aeroporturi, depozite, dane, parcări, stații de combustibil, locuințe, stații de pompare, spitale plutitoare, etc.

Motivația existenței acestui tip de nave tehnice este dată de:
- necesitatea extinderii în afara uscatului acolo unde nu există suficient spațiu la țărm – uzine, insule, aeroporturi, depozite, parcări, stații de combustibil, locuințe, spitale plutitoare, etc.
- imposibilitatea construirii pe uscat datorită naturii solului (gheața, mlaştina, nisip, etc.) – uzine plutitoare, poduri de pontoane
- existența unei mari diferențe de nivel minim-maxim al apei şi care nu poate fi compensată rațional printr-o construcție fixă pe uscat – pontoane de acostare, locuințe, stații de pompare
- adâncimea insuficientă la mal pentru acostarea altor nave – pontoane de acostare, dane plutitoare, stații de combustibil
- imposibilitatea construirii instalației în zona de lucru; ea se construieşte în locații specializate şi dotate corespunzător iar apoi este transportată în stare de plutire în locația de lucru – uzine plutitoare
- caracterul temporar al utilizării echipamentului plutitor într-o anume locație – poduri, uzine, locuințe, spitale, stații de pompare

Din punct de vedere constructiv platformele plutitoare au trei componente majore:

- componenta funcțională (instalația tehnologică, suprastructura, echipamentele, etc.)
- unitatea plutitoare
- sistemul de fixare

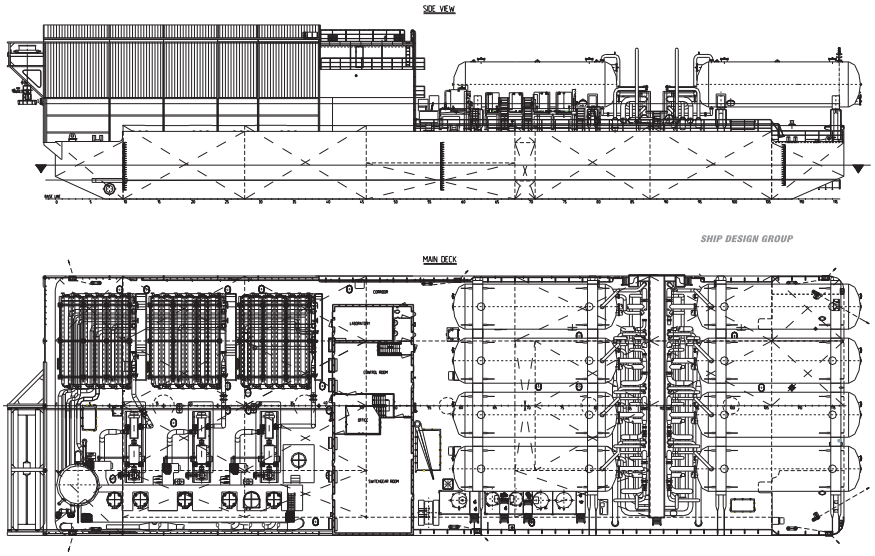


Fig. 6.19 – Plan general uzina de desalinizare

Componenta funcțională

Aceasta este specifică scopului pentru care a fost destinată platforma tehnologică. Din punct de vedere al construcției unității plutitoare (specific navale) sunt importante câteva caracteristici care vor determina dimensiunile, dotările şi stabilitatea unității plutitoare:

- dimensiunile de gabarit
- greutatea şi distribuția de greutăți
- forțele care apar în timpul funcționării
- punctele de descărcare ale forțelor
- spațiile şi dotările necesare accesului şi mentenanței
- modul de fixare pe poziția de lucru
- limitările meteo şi hidrologice în zona de amplasare (vânt, curent, gheață, fund limitat, etc.)
- cerințe speciale de transport, poluare, nescufundabilitate, prezența pasagerilor, protecția împotriva incendiilor, aspect estetic, etc.

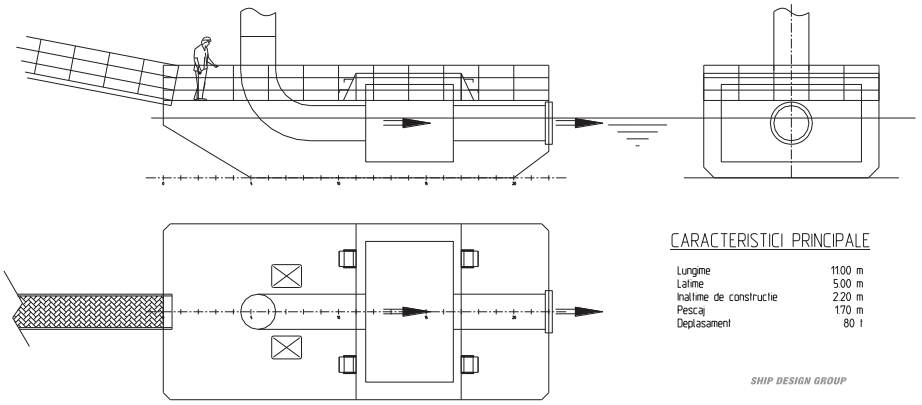


Fig. 6.20 – Plan general centrala electrică plutitoare

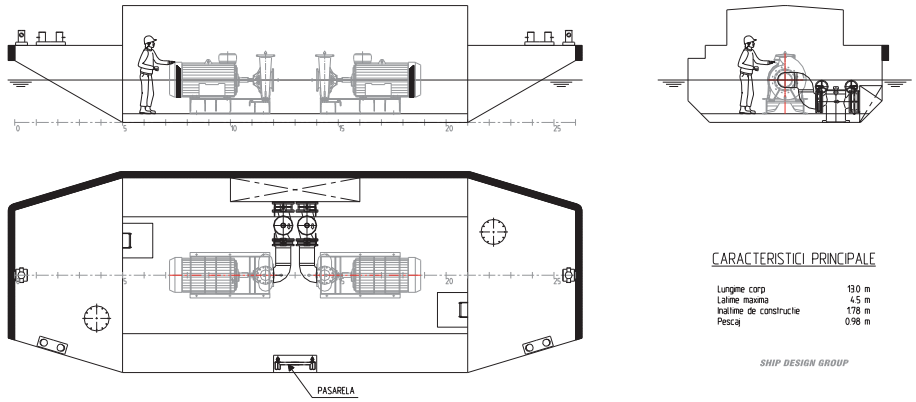


Fig. 6.21 – Plan general stație de pompare plutitoare

Unitatea plutitoare

Unitatea plutitoare are rolul de a susține componenta funcțională. Deoarece de regulă nu sunt importante calitățile hidrodinamice ale unității plutitoare, de cele mai multe ori aceasta are forma de ponton monocorp sau multicorp. Aceasta formă asigură cerințele de rezistență, spațiu şi flotabilitate şi prezintă avantajul simplității tehnologice de construcție. În acest caz, dimensionarea structurală şi criteriile de stabilitate sunt caracteristice navelor tip ponton. În ceea ce priveşte instalațiile şi echipamentele, altele decât cele determinate de componența funcțională, acestea sunt tipice oricărei construcții navale: manevră - legare, ancorare*, balast*, drenaj santină, stins incendiu, instalații electrice, iluminat, etc. (*=dacă este cazul).

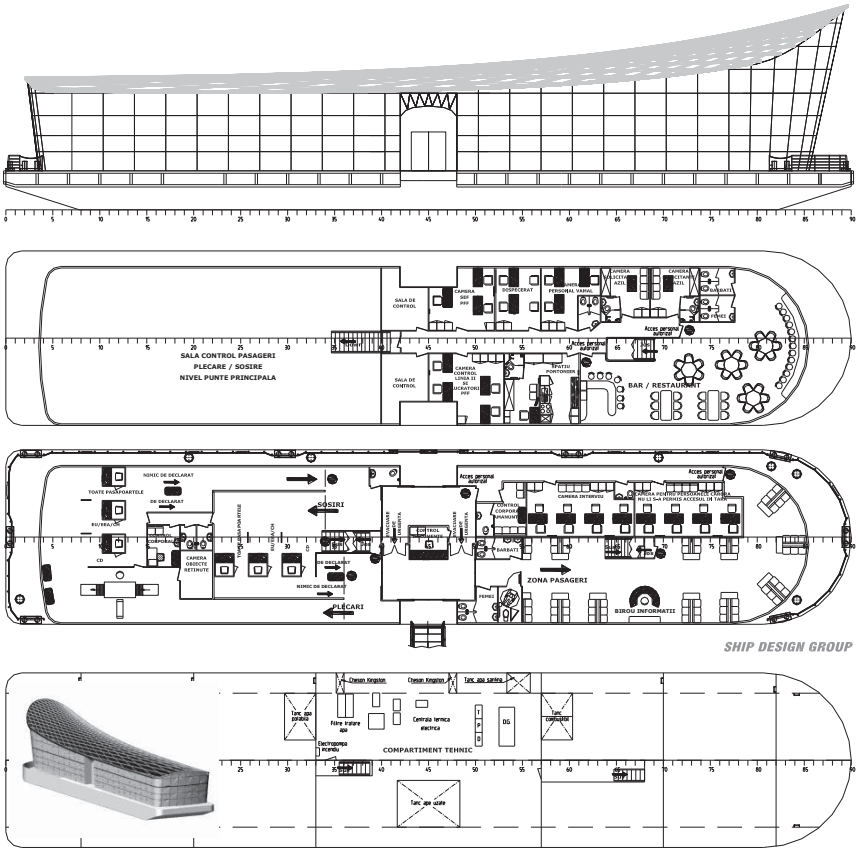


Fig. 6.22 – Plan general ponton de acostare / terminal de pasageri

Sistemul de fixare

Acesta are rolul de a menține platforma plutitoare pe poziția de lucru. Pentru aceasta se utilizează scondri, ancore, piloni, fixare prin eşuare, fixare prin înghețare. Pentru calculul elementelor de fixare, protecție şi acces se vor consulta:

- babale - ISO 3913/1977
- şcondri - SR EN 14504-2007
- pasarele de acces - RNR Cerințe privind construcția mijloacelor de acces la bordul navelor
- balustrăzi - SR EN 711/2002

Reguli aplicabile

Regulile aplicate la unitățile plutitoare sunt in funcție de destinatia acestora şi anume:

- reguli aplicabile echipamentelor industriale plutitoare (ex: Council Directive 82/714/EEC laying down technical requirements for inland waterway vessels Ch. 17)
- reguli care se referă la construcțiile plutitoare destinate publicului (hoteluri, restaurante, spitale, parcări, etc.), ex: BV: Rules for the Classification of Floating Establishments NR 580 DNI R00 E.
- reguli aplicabile locuințelor plutitoare. Acestea sunt de regulă reglementari emise de autoritățile naționale (ex: Order no. 9651 of 28 June 2007issued by the Danish Maritime Authority - Technical regulation on the stability, buoyancy, etc. of houseboats and floating structures)
- alte reguli specifice

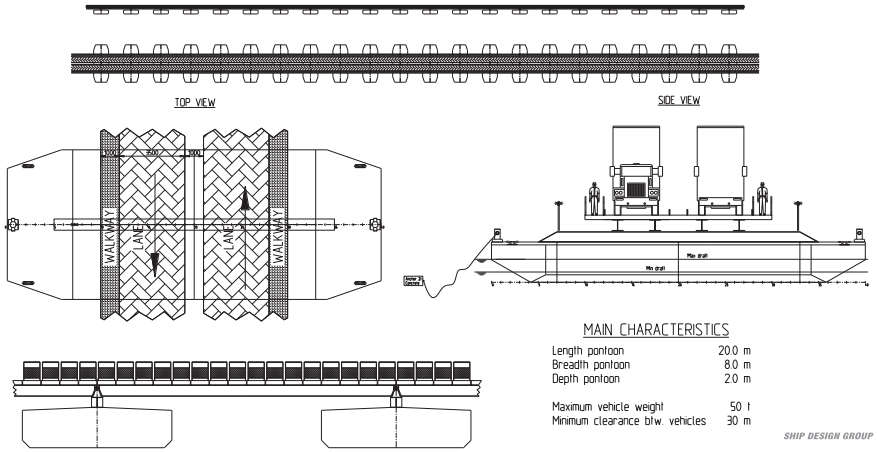


Fig. 6.23 – Plan general pod plutitor

Fig. 6.24 – Locuințe plutitoare

7. NAVE PENTRU ACTIVITĂȚI OFFSHORE

7.1 Prezentare generală

Odată cu reducerea rezervelor de resurse din zonele convenționale (onshore), companiile petroliere au început explorarea resurselor de petrol şi gaze în zone offshore, în ape puțin adânci/ platouri continentale (până la 400 metri adâncime), în ape adânci (400 – 1500 metri) şi în ultimul timp în ape de mare, adâncime (peste 1500 de metri).
Putem împărți ciclul de viață al unei câmp petrolier offshore în trei faze principale:

- Faza I: cercetare/explorare;
- Faza a II-a: construcție/exploatare/producție;
- Faza a III-a: demontare/scoatere din funcțiune.

Faza I se realizează cu nave hidrografice de cercetare a câmpurilor petrolifere şi de gaze, îndeosebi nave de tip Seismic Vessel. După identificarea zonelor cu zăcământ, urmează navele (sau platformele) de foraj de explorare care sapă puțurile subacvatice.
În faza a II-a, după ce puțul subacvatic (subsea well) a fost săpat/construit, se montează platforme fixe sau plutitoare pentru extragerea resurselor. Transportul, montarea, asistența şi aprovizionarea platformelor necesită o largă diversitate de nave specializate. În plus sunt necesare o multitudine de lucrări subacvatice – instalare de capete de extracție, săpări de şanțuri, amplasare cabluri şi conducte, reparații, etc. Produsele extrase sunt fie trimise la mal prin conducte fie stocate/prelucrate folosind nave destinate acestor scopuri.
În ultima fază, construcțiile subacvatice şi platformele, pot fi demontate şi transportate pe alte locații, iar puțurile şi conductele sigilate şi securizate.
Procesele descrise mai sus necesită suportul a numeroase tipuri de nave care realizează diverse operațiuni legate de activitatea de exploatare offshore – exceptând forajul şi extracția:

- cercetare şi investigare
- aprovizionare platforme şi alte instalații offshore
- remorcare şi ancorare platforme
- construcție, montaj, reparații şi mentenanța instalații subacvatice
- montaj cabluri şi conducte submarine
- stocare, prelucrare, etc.

Navele care realizează operațiile mai sus descrise se numesc generic nave de suport offshore, prescurtat OSV (Offshore Support Vessel). Aceste nave au apărut din necesitatea efectuării de prospecțiuni subacvatice şi de subsol, de a asista operațiile de construcție şi exploatare petrolieră prin diverse operațiuni de ancorare, montaj, instalare, supraveghere, reparare etc., de a aproviziona instalațiile offshore cu diverse produse, de a asigura transportul personalului, etc.
Nu sunt cuprinse în acest capitol platformele de foraj care conform programei de studiu fac obiectul altei discipline.
Nu sunt cuprinse deasemeni în acest capitol navele de suport offshore destinate instalării si exploatării instalațiilor eoliene, fermelor de acvacultură, câmpurilor miniere subacvatice, etc..

7.2 Categorii de nave OSV

Principalele categorii de nave OSV, clasificate dupa misiunea lor, sunt:

- Nave pentru prospecțiuni submarine:
  - SV – Nave de investigare seismică (Seismic Vessels).
- Nave pentru aprovizionare:
  - PSV – Nave de aprovizionare platforme (Platform Supply Vessels).
- Nave pentru manevră ancore:
  - AH – Nave de manevră ancore (Anchor Handler);
  - AHT – Nave de ancorare şi remorcare (Anchor Handler and Towing);
  - AHTS – Nave de ancorare/remorcare/aprovizionare (Anchor Handler, Towing, Supply);
- Nave pentru construcții subacvatice:
  - OSCV – Nave pentru activități de construcție submarine şi offshore (Offshore subsea construction vessel)
  - MRSV – Nave suport ROV (Multipurpose field & ROV Support Vessel)
  - Well intervention Vessel – Nave de intervenție puțuri submarine
- Nave pentru instalare conducte şi cabluri subacvatice:
  - Pipelay Vessel – Nave pentru montare tubulaturi subacvatice
  - Cablelay Vessel – Nave pentru montare cabluri submarine
- Nave pentru stocare şi prelucrare
  - FPSO – Nave de procesare, stocare şi transfer (Floating, Production, Storage and Offloading);
  - FSO – Nave de stocare şi transfer (Floating, Storage and Offloading);
  - FSRU – Nave de stocare gaze lichefiate şi regazificare (Floating Storage and Regasification Unit);

- Nave rapide de intervenție
  - FSIV – Nava rapidă de intervenție (Fast Support Intervention Vessel);
  - FSV – Nave rapide de aprovizionare (Fast Supply Vessel);
  - CB – Nave de transport pesonal (Crew Boat);
  - SPV – Nava de pază şi patrulare (Security and Patrol Vessel);

În mod frecvent se construiesc nave multifuncționale, care să acopere o gamă mai largă de funcții combinate atât între cele enumerate mai sus specifice navelor OSV cât şi cu funcții caracteristice altor tipuri de nave prezentate în alte capitole ale cursului. Astfel navele OSV sunt dotate frecvent cu instalații de stins incendiu, instalații de depoluare, sunt echipate cu macarele puternice, cu sisteme ROV şi asistența scafandri, sisteme specifice navelor de tip remorcher, nave hidrografice, nave Fi-Fi, macarale plutitoare, etc.

7.3 Nave de prospecțiuni – SV – Seismic Vessel

Navele seismice sunt nave de prospectare a subsolului mării în vederea detectării acumulărilor de hidrocarburi – petrol şi gaze.

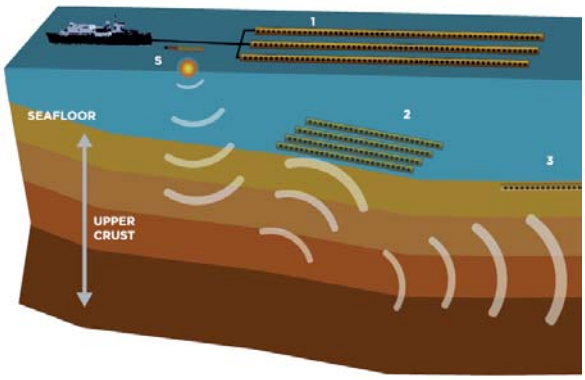


Fig. 7.1 – Principiul prospectării seismice

Tehnica de investigare seismică a subsolului marin (fig 7.1) se bazează pe generarea unei unde seismice de la o sursă "S" (de regulă tun cu aer comprimat) şi captarea reflexiilor la un set de hidrofoane tractate de nava seismică "1" sau amplasate pe fundul mării "2" sau îngropate "3". Deformarea undelor reflectate furnizează informații privind natura subsolului. În domeniul marin, cel mai folosit sistem este "1", sursa şi senzori mobili tractați de o navă, aşa numita seismic vessel. În funcție de configurația sistemului de senzori tractați de navă se utilizează aşa numitele sisteme 2D – un singur rând de senzori sau 3D (fig

7.2 – st), mai multe rânduri de senzori care acoperă o suprafață. Lungimea trenului de senzori poate fi de la 3 la 12 km. Mai multe informații privind tehnica de investigare seismică: http://entry.ogp.org.uk

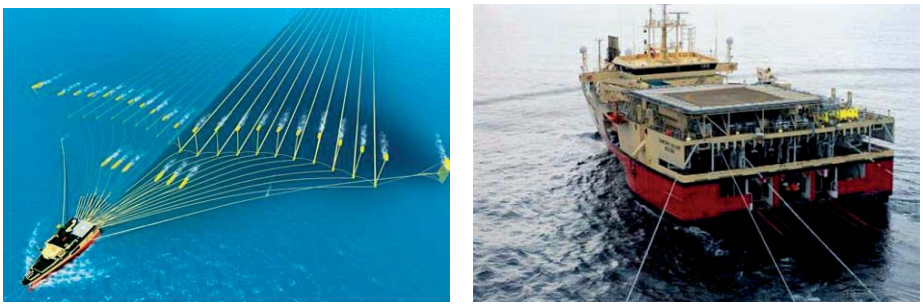


Fig. 7.2 – Nava tip SV (PGS Ramform) – sistem de scanare 3D (st) şi vedere din pupa (dr)

Navele de tip SV au câteva particularități în legătură cu destinația şi anume:

- Echipamentele
  Echipamentele specifice ale navelor SV constau în:
  - sistemul de lansare, remorcare şi recuperare a trenului seismic (surse si senzori); acest sistem se compune din vinciuri, role de depozitare, atelier de reparații, echipamente de ridicat, surse locale de energie, balize, etc.
  - echipamente de achiziție şi prelucrare a datelor
  - echipamente de tip GPS pentru localizarea cu precizie a navei şi a trenului de senzori
  - grupul de compresoare pentru alimentarea surselor seismice
- Amenajarea
  Particularitățile funcționale ale navelor de tip SV presupun în primul rând crearea de spațiu pe puntea pupa (black deck) pentru componentele sistemului de prospecțiuni. De multe ori, amplasarea şi depozitarea elementelor specifice necesită existența a două chiar trei punți la pupa (fig 7.2-dr şi 7.3). Se vor remarca pe puntea 2 vinciurile şi ghidajele necesare remorcării trenului seismic, pe puntea 3 elementele sistemului de detecție (balize, flotoare, derivoare), pe puntea 4 (gun deck-cea mai de jos) elementele sistemului de surse seismice (tunuri, vinciuri, balize, barca de serviciu). Pe fiecare punte sunt rezervate spații pentru agregate şi ateliere de întreținere. Dacă este cazul, pentru a elibera zona pupa, unele elemente de amenajare a navei – comp. maşini, coşurile de fum, ventilații, suprastructuri, etc. sunt deplasate spre prova.

Pe lânga zona pupa, amenajarea navei trebuie să țină cont şi de spațiile necesare amplasării celorlalte echipamente specifice funcției navei (surse energetice, laboratoare, etc.)

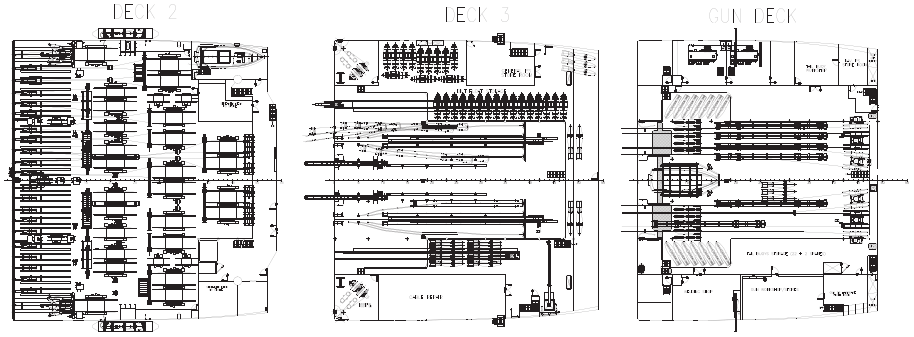


Fig. 7.3 – Amenajarea echipamentelor seismice pe trei punți

- Forma
  Pe lângă considerentele hidrodinamice şi de amenajare, forma navelor SV trebuie să țină cont de interacțiunea între perturbațiile de presiune induse de deplasarea navei şi semnalul captat de senzorii seismici. Se cunoaşte că deplasarea prin apă a unei nave produce o deformare a câmpului de presiuni în apă. Deoarece şi senzorii seismici detectează unde de presiune, interferența dintre câmpul indus de navă şi cel indus de sursa seismica poate altera acuratețea înregistrărilor. Din acest motiv, forma şi în special pupa navelor SV este proiectată să minimizeze aceste perturbații.
- Condițiile de operare
  Specificitatea operării acestor nave constă în remorcarea sistemului de surse şi senzori pe o lungime mare, de până la 12 km. Din acest motiv, nava nu poate opera în condiții meteo dificile, în zone cu curenți puternici, prezintă dificultăți de manevrabilitate, necesită informații privind geografia fundului pentru a nu agăța remorca şi nu în ultimul rând trebuie să evite zonele aglomerate pentru a evita riscul de coliziune a altor nave cu echipamentele remorcate. În cazuri speciale, o navă tip SV este însoțită în operare de nave de patrulare.

7.4 Nave de aprovizionare

Navele de aprovizionare sunt destinate transportului către platformele de foraj precum şi transportului de la platformă către uscat de materiale, echipamente şi personal. Aceste nave sunt cunoscute sub acronimul PSV (Platform Supply Vessels) (fig. 7.4).

Se vor analiza aici navele PSV care navigă în regim de deplasament cu viteza mică sau moderată. La caracteristicile specifice descrise în acest paragraf, se vor adăuga şi caracteristicile generale din paragraful 7.10. Navele de aprovizionare rapide (FSV) sunt discutate în paragraful 7.9.

Fig. 7.4 – Nave tip PSV

Marfa transportată spre platforme este destinată activității platformelor de foraj şi constă în:

- Marfa solidă: țevi de foraj, echipamente (containerizate sau nu), ancore, lanțuri, etc.
- Marfa în vrac: combustibil, apă potabilă, ciment pulverizat, nămol de foraj, saramură, etc.

Marfa transportată dinspre platforme este destinată reciclării sau casării şi constă în:

- Echipamente uzate sau defecte
- Reziduuri petroliere şi sanitare, diferite substanțe chimice uzate

Suplimentar, navele PSV pot transporta personal de specialitate cu ocazia schimburilor de echipaj la platformă.

Natura mărfii transportate impune caracteristicile specifice de amenajare a navelor PSV(fig 7.5):

- Puntea deschisă pentru depozitarea încărcăturii solide. Această punte, amplasată de regulă la pupa, are o suprafață şi lungime suficientă pentru amplasarea echipamentelor de foraj şi este prevăzută cu puncte de amarare a încărcăturii şi cu suporți de containere. Pentru protecție, puntea este acoperită cu lemn. Din punct de vedere structural puntea este proiectată pentru a susține o sarcină uniformă de 5 până la 10 t /m2
- Balustrada de marfă (cargo rail) este amplasată de jur-imprejurul punții de marfă. Ea are rolul de a proteja marfa şi de a asigura punte suplimentară de amarare. Este de construcție chesonată din motive de rezistență. În balustrada de marfă se poate amplasa un culoar de circulație echipaj şi poate fi utilizată şi pentru amplasarea traseelor de cabluri şi tubulaturi precum şi a deschiderilor de acces sub puntea principală.

- Tancurile de marfă sunt aplasate sub puntea principală şi sunt diferențiațe astfel:
  - tancuri nestructurale pentru bulk solid - ciment pulbere, lanțuri
  - tancuri structurale dedicate – apă potabilă, combustibil şi nămol
  - tancuri structurale cu funcție multiplă, sunt tancuri care pot încărca diferite tipuri compatibile de lichid (funcție de necesități) – balast, apa tehnică, saramură

Trebuie avute în vedere şi particularitățile induse de modul de încărcare-descărcare la platformă, respectiv imposibilitatea acostarii navei la platformă, nava fiind menținută la punct fix pe timpul descărcării numai de sistemele proprii de poziționare dinamică, făcând posibilă utilizarea instalațiilor de ridicat din dotarea platformei.

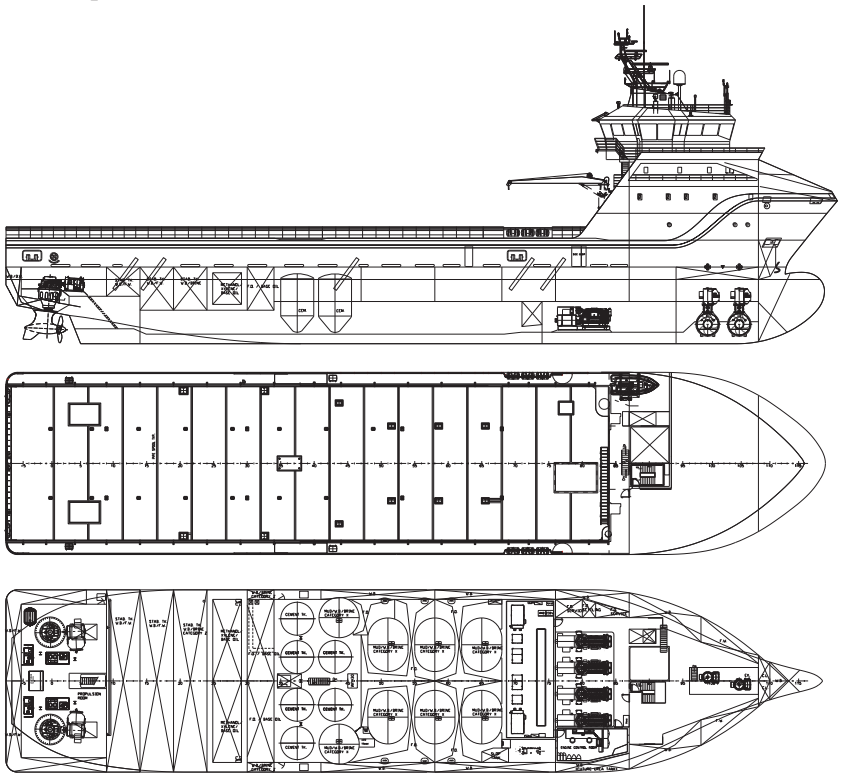


Fig. 7.5 – Plan general nava de tip (PSV)

Aceste particularități se regăsesc în amenajarea navelor PSV prin:

- Amenajarea sistemului de propulsie – de cele mai multe ori sistem diesel-electric cu centrală energetică centralizată şi distribuție a puterii electrice către consumatori (propulsie, thrustere, fi-fi, etc.) printr-un sistem de management al puterii (v § 7.10)

- Tancurile anti-ruliu – tancuri cu suprafața liberă sau tip U - pentru amortizarea mişcărilor de ruliu atât în navigație cât mai ales în staționare la punct fix pe parcursul descărcării.
- Lipsa instalațiilor proprii de ridicare, fiind prezentă doar o macara de manevră a mărfii de capacitate mică, poate fi culisantă pe balustrada de marfă pentru a mări zona de acțiune.

Navele PSV pot fi dotate pentru îndeplinirea unor funcții adiționale. Dintre acestea cel mai frecvent se întâlnesc:

- Fi-Fi 1 sau 2 (vezi Cap. 4.3)
- Crew boat, caz în care pe navă se vor prevedea spații pentru transportul echipajelor la platformă (de tip spațiu de zi) şi bineînțeles sistemele de salvare aferente suplimentului de personal
- Oil recovery, nava va fi prevăzută cu tancuri de colectare produse petroliere uzate (din poluare accidentală sau din activitatea curentă a platformei) şi uneori chiar cu facilități de colectare de la suprafața apei (bariere, skimmer, etc.)

7.5 Nave de manevră ancore – AH – Anchor Handler

Navele de manevră ancore sunt destinate amplasării, extragerii, transportului şi relocării ancorelor de fixare a platformelor semisubmersibile, ale navelor de stocare şi prelucrare sau ale altor tipuri de instalații ancorate. O navă AH poate fi destinată şi altor funcții conexe, respectiv remorchaj (AHT-Anchor Handler and Towing) şi/sau aprovizionare (AHTS – Anchor Handler, Towing, Supply);

Fig. 7.6 – AHT

Specific navelor AH îl constituie sistemul de manevră ancore (fig. 7.6, fig 7.8) format din:

- Stern roller – un tambur amplasat la racordarea oglindă-punte şi care prin rostogolire facilitează alunecarea cablului/lanțului de ancoră şi reduce uzura
- Puntea pupa deschisă şi blindată cu tabla îngroşată pentru depozitarea şi pregătirea ancorelor
- Balustrada întărită pe ambele borduri (asemanator cu PSV) dar deschisă la pupa şi specific, cu forma de "cârlig" la extremitatea pupa pentru a împiedica alunecarea peste balustradă a cablului/lanțului ancorei în timpul manevrelor
- Vinci de manevră (tragere-lansare) ancore amplasat la prova punții deschise, în vecinătatea suprastructurii; Vinciurile AH sunt specifice fiind formate din 2-4 tamburi de cablu, barbotine de lanț de diferite calibre, depănătoare, frâna, sistem "quick release", etc.
- Sistem de manevră a ancorelor pe punte format din macara (amplasată pe balustrada de marfă) şi vinciuri/cabestane de manevră amplasate la prova punții deschise
- Echipamente adiționale (fig. 7.7) : pini de ghidare (guide pins) a lanțului de ancoră pentru a-l menține în zona stern-roller-ului, stope de lanț (shark jaw) pentru a prinde şi detensiona zona de pe punte a lanțului la ridicarea ancorei, I-frame pentru ridicarea lanțului la tragerea pe punte a ancorelor lungi (torpedo sau Bruce). Toate aceste elemente sunt telescopice şi rabatabile astfel încât să nu creeze obstacole pe punte atunci când sunt inactive.

Fig. 7.7 – Guide pins, Shark jaw (st), I frame (dr)

Suplimentar, pe navă se află alte amenajări specifice funcției de AH şi anume:

- Spațiile de stocare lanțuri (rig chain) – sunt tancuri nestructurale amplasate sub puntea principală şi în care se stochează lanțurile ancorelor
- Vinciul (vinciuri) de stocare şi manevră parâme – este amplasat într-un compartiment sub punte şi are rolul se a şoca parâmele şi cablurile necesare la manevra ancorelor

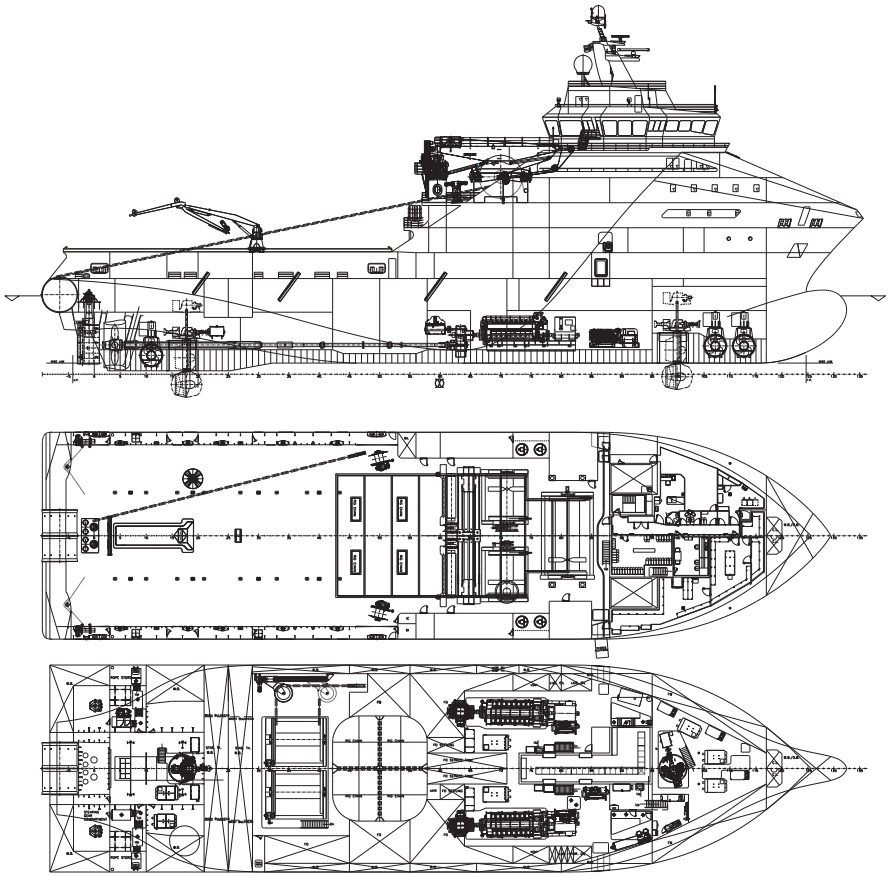


Fig. 7.8 – Plan general AHTS 300 TBP

Tipuri de ancore

Navele care necesită sisteme de ancorare manevrate cu nave AH – platforme semisubmersibile, nave pipe-layer, nave de stocare, ferme piscicole, etc. – utilizează o gamă foarte variată de ancore. Tipul şi dimesiunea (masa) ancorei se alege funcție de forța de ținere (holding power), natura fundului, adâncimea de ancorare, modul de lansare-recuperare, etc. Aceste ancore pot ajunge la masa de la câteva tone la peste 100 t.

Tipul şi dimensiunea ancorei are influență asupra navei de tip AH atât ca putere cât şi ca dotare. Nu se va face aici o analiză a caracteristicilor ancorelor utilizate, ci doar o trecere în revistă a principalelor tipuri (fig. 7.9). Pentru mai multe detalii privind procedurile de manevră a ancorelor vezi http://www.marinesafetyforum.org/.../anchor-handling-manual

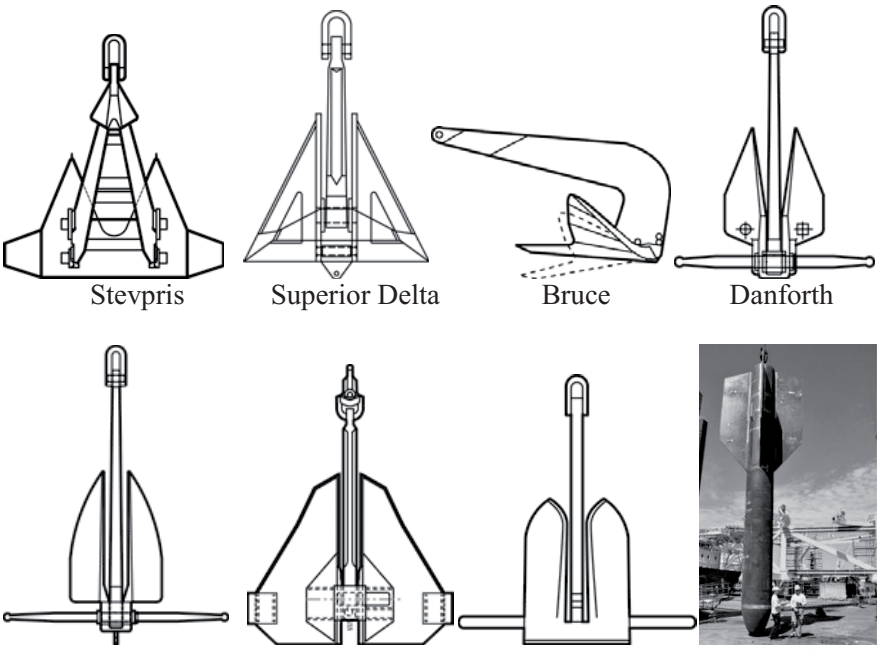


Fig. 7.9 – Principalele tipuri de ancore utilizate de navele AH

Pe lângă aspectele induse de funcția navei – manevră ancore - din punct de vedere al proiectării navele de tip AH au două elemente specifice:

a) rezistența structurală – o atenție specială trebuie acordată dimensionării structurii din zona vinciurilor şi a stern-roller-ului unde acționează forțe punctuale foarte mari de ordinul sutelor de tone; întodeauna aceste zone sunt verificate structural prin modelare cu elemente finite.
b) stabilitatea - aspectul particular se referă la calculul forței maxime T în parâma de tragere a ancorei astfel încât să se limiteze înclinarea navei (v. Cap. 2.6); de menționat că în operare la adâncimi mari pe pupa navei (stern roller) acționează forțe mari care modifică semnificativ asieta şi creează momente de înclinare mari. În acest sens un criteriu specific de stabilitate îl reprezintă emersarea minimă a punții pupa pe timpul operării.

7.6 Nave pentru construcții subacvatice

Navele pentru construcții subavatice sunt nave special proiectate pentru operații la nivelul fundului mării utilizând echipamente subacvatice de tip ROV şi/sau echipamente de suprafață de tip macara. Subcategoriile de nave de acest tip sunt:

- OSCV – Nave pentru activități de construcție submarine şi offshore (Offshore subsea construction vessel)
- MRSV – Nave suport ROV (Multipurpose field & Rov Support Vessel)
- WIV - Nave de intervenție puțuri submarine (Well intervention Vessel)

Termenul de construcții subacvatice (Subsea construction) se referă la echipamente şi tehnologii legate de activități marine în domeniul geologiei, petrol şi gaze, minerit, energie din valuri, curenți şi vânt, etc.

Fig. 7.10 – OSCV

Dotările caracteristice acestui tip de nave sunt:

- macarale de tip offshore
- moon pool
- ROV cu sistemele aferente
- DP (dynamic positioning) – vezi cap. 7.10.3
- sisteme de detecție subacvatică

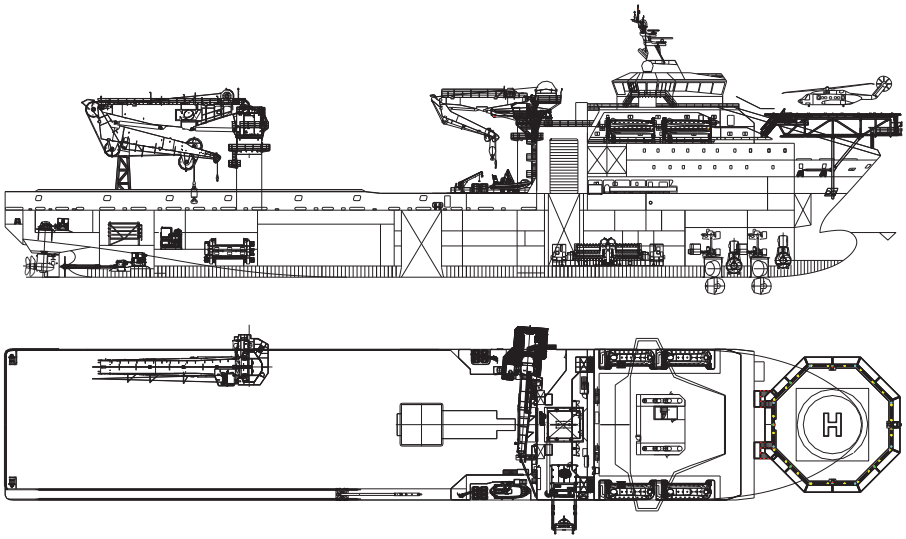


Fig. 7.11 – Plan general OSCV

Macaralele

Acestea sunt de construcție tip "offshore", capabile să lucreze în timp ce nava se află în larg şi execută mişcări de oscilații. Sunt prevăzute (în general) trei tipuri de mijloace de ridicat (vizibile în fig. 10):

- Macaraua pricipală; macara de mare capacitate (100-1000 t), amplasată la bordaj şi destinată manevrării de greutăți în afara bordului navei. Cu această macara se manevrează greutăți subacvatice la adâncimi mari până la 2000 m. Macaraua este prevăzută cu dispozitive (rulmet de bază special, absorbitori de soc, compensator de mişcare, etc.) care să permită lucrul în condiții de mişcări oscilatorii de mare amplitudine. Constructiv, aceste macarale pot fi cu braț articulat (knuckle boom), braț telescopic sau braț rigid.
- Macaraua de bord; are capacitate de până la 150 t şi este destinată pentru manevra la bord a greutăților. Este de asemenea construcție de tip offshore.
- A frame; este un echipament amplasat la pupa şi destinat lansării/recuperării greutăților peste pupa navei. Denumirea vine de la forma literei A, cu două coloane articulate la nivelul punții şi unite la partea superioară. Sistemul A-frame are doar o mişcare de basculare a coloanei, ridicarea/coborârea sarcinii se face cu vinciuri montate pe punte sau pe A-frame.
- Sistemul de manevră ROV; este destinat lansării/recuperării şi menținerii la adâncime controlată a ROV. Caracteristic acestui echipament este sistemul de compensare a mişcărilor verticale ale navei

(swell compensator). Acest sistem permite preluarea diferențelor de adâncime produse de mişcările verticale ale navei realizând ridicarea-coborârea ROV (în raport cu nava) astfel încât ROV să fie în poziție fixă în raport cu fundul mării. În plus sistemul de manevră ROV trebuie să permită parcarea-extragerea ROV din hangarul acestuia aflat la nivelul punții.

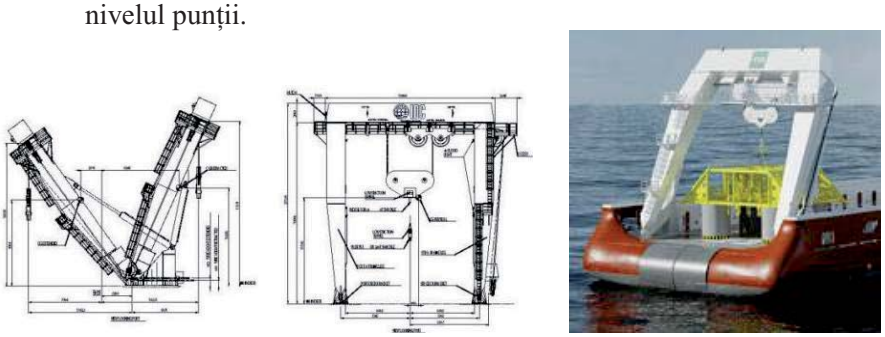


Fig. 7.12 – A-frame

Moon-pool

Prin moon-pool se înțelege o nişă verticală în corpul navei de la puntea expusă superioară (de regulă puntea principală) până la fund. Se creează astfel un puț prin care se pot lansa/recupera echipamente (de ex. ROV) fără a fi scoase în afara bordurilor. Dimensiunea orizontală a moon-pool este dată de gabaritul echipamentelor manevrate prin el.

Submersibile de tip ROV (Remotely Operated Vehicle)

ROV este un submarin de tip robot, fără pesonal la bord. El este cotrolat de către un operator aflat la bordul navei prin intermediul unui cordon ombilical. Acest cordon include cabluri pentru alimentarea cu electricitate, fibre optice pentru transferul imaginilor şi cabluri de comandă şi transfer date. ROV-ul este dotat cu sisteme de propulsie, lumini, camere video, sonar, magnetometru, braț robotizat pentru manipularea diferitelor unelte, sisteme de măsurare şi analiză, etc. Submersibilele ROV se clasifică după dimensiuni, greutate, putere şi dotări. Cele mai frecvente clase sunt

- Micro ROV, cu masa de până la 3 kg pentru inspecția spațiilor foarte înguste şi a țevilor
- Mini ROV, cu masa până la 15 kg pentru a putea fi transportată şi lansată de o singură persoană, eventual din barcă
- General ROV cu putere de propulsie de până la 3 kW, dotată cu braț robotic pentru manipulări uşoare şi prelevări de mostre.
- Clasa uşoară cu putere de propulsie de până la 30 kW
- Clasa grea cu putere de propulsie de până la 150 kW

Submersibilele ROV pot fi libere sau ataşate unei structuri bază, ele părăsind structura numai în vecinătatea zonei de operare. Pe lânga ROV-urile controlate prin cordon ombilical se mai utilizează şi AUV (Autonomous Underwater Vehicle) care se deplasează şi efectuează operații în mod autonom.

Sisteme de hidrolocație şi cercetare a zonei subacvative

Sonarul este un dispozitiv de detecție bazat pe propagarea sunetelor sub apă. Detecția pasivă se bazează pe ascultarea şi identificarea sunetelor subacvatice. Detecția activă se bazează pe emisia unui sunet şi detecția ecoului. Poate lucra în diferite game de frecvență de la infrasunete la ultrasunete. Cu ajutorul sonarului activ, pe lângă identificarea poziției diferitelor obiecte sub apă se poate determina topografia, structura şi compoziția fundului sau chiar a straturilor superioare ale fundului.

Cel mai simplu dispozitiv este ecosonda - un sonar care transmite un puls acustic pe direcție verticală şi determină adâncimea sau distanța la primul obstacol pe baza timpului de ecou.

Sistemele de hidrolocație s-au perfecționat şi diversificat devenind din ce în ce mai specializate şi performante. Se pot aminti sisteme cum ar fi sonda multi-beam sau sonarul cu scanare laterală (Side-scan sonar) care creează imagini 3D ale fundului.

7.7 Nave pentru instalare conducte şi cabluri subacvatice

Navele din această categorie sunt:

- Pipelay Vessel – Nave pentru instalare tubulaturi subacvatice
- Cablelay Vessel – Nave pentru instalare cabluri submarine

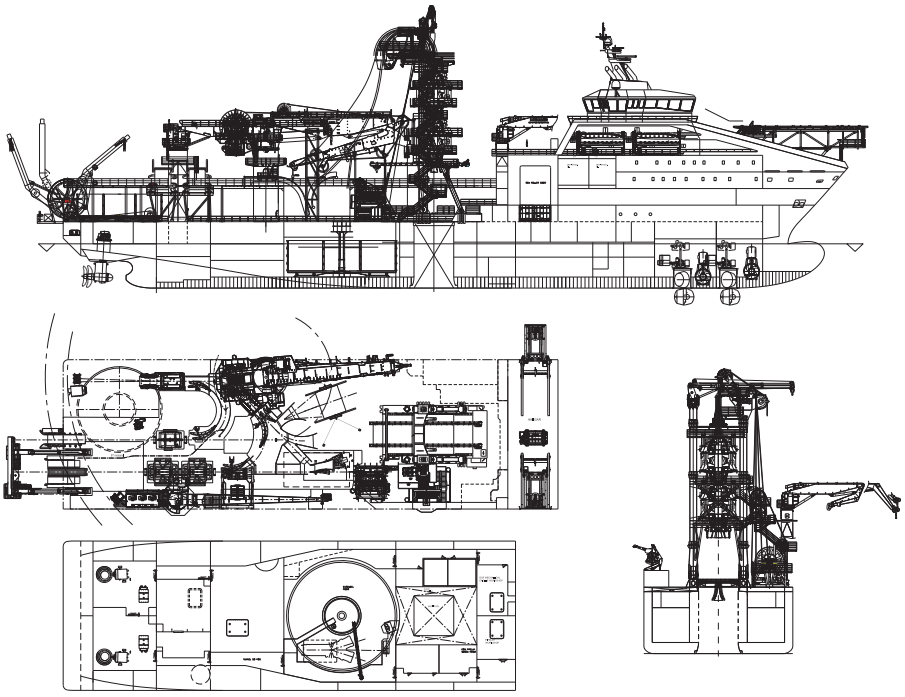


Fig. 7.13 – Pipe/Cable Layer PRO23- Foto şi plan general

În planul din fig 7.13 se vor remarca (vedere laterală, la punțile mezanin şi intermediară şi secțiune prin moon pool) elementele specifice ale navei: turela, stinger, carusel inferior şi superior.

Operațiunea de amplasare conducte / cabluri submarine presupune câteva etape principale:

- Investigarea traseului prin prospecțiuni submarine care au rolul de a stabili cel mai bun traseu de amplasare. Se efectuează cu nave de cercetare submarină şi scafandri.
- Pregătirea traseului prin realizarea construcțiilor de capăt (construcții submarine sau la țărm), nivelarea proeminențelor de pe fundul mării şi eventual săparea unui şanț de îngropare a conductei. Se realizează cu nave de tip OSCV.
- Pregătirea conductei (cablului) ceea ce presupune fabricația, izolarea, protecția anticorozivă şi asamblarea. Asamblarea segmentelor de conductă se face fie la uscat în cazul utilizării sistemelor de tip "carusel" fie pe nava Pipe Layer în timpul lansării în cazul sistemelor de tip "Fire line".
- Lansarea propriu-zisă

- Încheierea operației prin îngroparea conductei/cablului, ancorarea şi cuplarea la extremități.

Caracteritic acestui tip de navă sunt sistemele de asamblare şi de lansare a conductei (cablului) submarine.
Din punct de vedere al modului de asamblare se disting două sisteme principale:
- carusel – țeava este pre-asamblată
- fire line – țeava se asamblează la bord

Sistemul carusel constă într-o bobină de țeavă (cablu) pre-asamblată la uscat şi depozitată pe o roată (pipe reel). Această bobină este montată pe caruselul propriuzis. Caruselul este un sistem care asigură rotația controlată a bobinei pentru desfăşurarea conductei. Sistemul se aplică la lansarea cablurilor şi la lansarea conductelor subțiri. O variantă a sistemului carusel o reprezintă aşa-numitul sistem O-lay în care țeava nu este înfăşurată pe pipe-reel ci este adunată într-un colac plutitor de diametru mare (pana la 1 km). Colacul este manevrat cu remorchere iar capătul țevii este preluat de o navă pipe-layer care lansează conducta pe fundul apei.

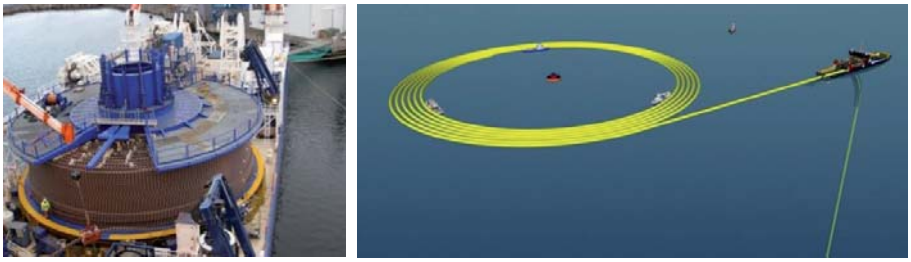


Fig. 7.14 – Sistem carusel: stânga cu pipe (cable) reel - dreapta tip O-lay

Sistemul fire line presupune ambarcarea la bord a segmentelor de țeava şi sudarea acestor segmente pe măsura lansării.

Fluxul tehnologic conține (fig. 7.15):
- zona de depozitare segmente de țeavă: stelajele de depozitare, macaraua de manevră țevi
- zona de pregătire cu echipamentele de prelucrare la capete şi aliniere țevi
- stațiile de sudare cap la cap
- tensionerele
- stațiile NDT (non distructive test) pentru verificarea calității sudurii
- stațiile FJC (field joint coating) pentru protecția anticorozivă a îmbinărilor
- zona de lansare (stinger)

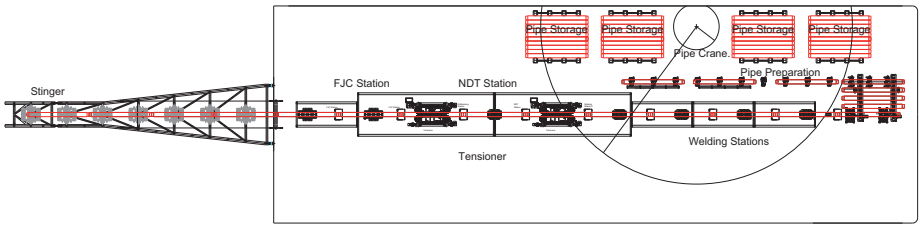


Fig. 7.15 – Sistemul Fire Line

În ceea ce priveşte sistemele de lansare se disting două metode principale:

- metoda S-lay
- metoda J-lay

Metoda „S-lay”

Metoda este aplicată pentru instalarea conductelor în largul mării în apă de adâncime relativ mică. Denumirea vine de la forma țevii care are o deformată în forma de S alungit. Elementul principal al sistemului îl constituie rampa de lansare numita stinger. Rampa are forma curbată şi este prevăzută cu role. Scopul stinger-ului este de a controla deformarea conductei şi de a evita apariția unui punct de frângere.

Metoda „J-lay”

Metoda este aplicabilă la instalarea conductelor în ape adânci. Denumirea vine de la forma țevii care are o deformată în forma de J. Elementul principal al sistemului îl constituie turnul de lansare. Acesta asigură preluarea țevii de pe carusel sau de pe fire line şi lansarea țevii asamblate în direcție verticală. Turnul se poate amplasa la centrul navei (lansarea făcându-se printr-un moon-pool) sau la pupa.

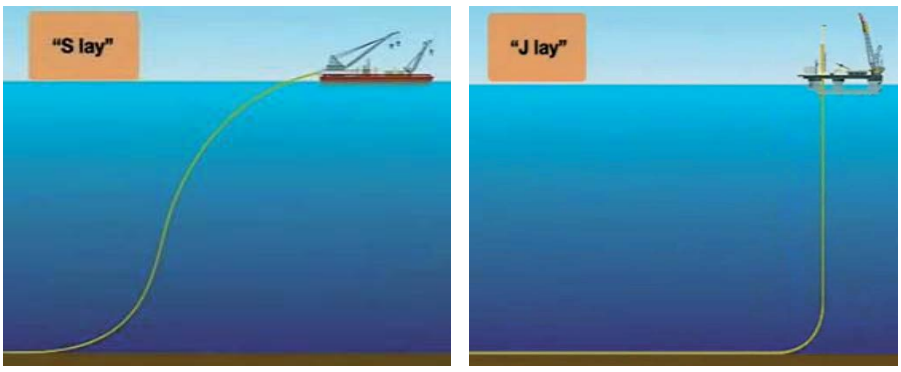


Fig. 7.16 – Schema de principiu a sistemelor de lansare S-lay si J-lay

Deoarece alegerea metodei de lansare este dependența, în principal, de adâncime, pentru a conferi flexibilitate de operare sunt frecvente cazurile în care pe nava pipe-layer sunt montate ambele sisteme (vezi figura 7.13)
Există şi posibilitatea ca sistemul de lansare de tip turn amplasat la pupa să fie basculant şi să poată astfel regla unghiul de lansare în funcție de adâncime. Sistemul de lansare va juca rol de turn sau de stinger după caz. Prin acest reglaj de unghi se poate obține o combinație între sistemele S şi J (fig. 7.17). Avantajul este reprezentat de eliminarea punctului de inflexiune de la sistemul S şi reducerea unghiului de îndoire a țevii la aşezarea pe fund de la sistemul J.

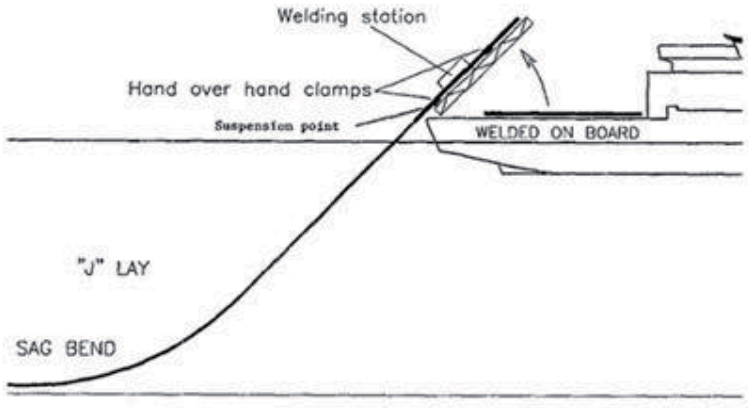


Fig. 7.17 – Sistem combinat S-J

Pe lânga particularitățile date de sistemele de asamblare şi lansare ale conductelor şi cablurilor, alte elemente vor fi analizate în capitolul 7-10. De menționat însă că navele pipe/cable layer necesită dotarea cu un sistem de poziționare dinamică care să asigure ambele funcții – poziționare şi urmărire – pentru a asigura menținerea navei şi lansarea precisă a conductei pe traseul prestabilit.

7.8 Nave pentru stocare şi producție FPSO - Floating Production, Storage and Offloading

FPSO este o navă tehnică amplasată în zonele offshore de extracție petrolieră în scopul preluării hidrocarburilor (gaz sau țiței) de la unitățile de extracție din zonă, procesării acestora, stocării produselor prelucrate şi transferării lor pe nave de transport. În cazul în care funcția de prelucrare lipseşte, nava se va numi FSO (Floating, Storage and Offloading).

Necesitatea acestor nave rezultă din cerința de a creea un tampon de depozitare a produselor de extracție de la platforme (ce apar în flux continuu) până la preluarea lor de navele de transport, mai ales în zonele unde amplasarea de conducte este imposibilă sau neeconomică (zone îndepărtate, adâncime mare, durata redusă a exploatării). În plus, după terminarea extracției, nava FPSO poate fi mutată în altă locație. Pe durata așteptării preluării, produsele petroliere pot fi pre-procesate la bordul navei. În caz particular în condițiile în care amplasarea unei stații de prelucrare pe uscat nu se poate face din diferite motive, se poate amplasa în zona o stație FPSO, iar transportul produselor brute (petrol, gaze etc) de la platformele marine la navele FPSO şi mai departe produsele finite către țărm /porturi se face prin intermediul conductelor submarine.
O variantă a FPSO o reprezintă FSRU (Floating Storage and Regasification Unit), nave destinate preluării gazelor lichefiate de la nave tip LNG sau LPG, stocarea lor, gazificare şi trimitere spre uscat prin conducte.

Fig. 7.18 – Schema de legături a unei nave FPSO (st) şi Nava FPSO (dr)

Principalele aspecte specifice ce trebuie avute în vedere la proiectarea şi construcția unei astfel de nave țin de particularitățile funcționale – nava staționară, ancorată, cu instalații de stocare şi prelucrare produse periculoase - şi sunt:

- Amenajarea generală
- Determinarea sarcinilor locale şi generale, din vânt, curent şi sistemul de ancorare
- Analiza structurală
- Sistemul de ancorare; puncte multiple de ancorare (spread mooring), un singur punct de legare (single point mooring) sau poziționare dinamică
- Mişcările navei şi seakeeping

7.9 Nave rapide de intervenție

Denumite generic FSIV (Fast Support Intervention Vessel) aceste nave sunt destinate intervenției rapide în zonele offshore atât pentru transportul urgent al unei cantități limitate de materiale şi echipamente , pentru transportul personalului cât şi pentru asigurarea securității perimetrului zonei de exploatare.
Navele FSIV se pot clasifica în trei categorii:

- FSV – Nave rapide de aprovizionare (Fast Supply Vessel);
- CB – Nave de transport personal (Crew Boat);
- SPV – Navă de pază şi patrulare (Security and Patrol Vessel);

În mod frecvent, funcția de navă rapidă de aprovizionare este cumulată cu capabilități de transport personal (FSV-CB).
Navele de tip SPV pot fi înarmate dacă aparțin unei autorități guvernamentale sau fară armament dacă aparțin unei companii civile.

Fig. 7.19 – Nava tip FSV-CB(st) şi nava de tip SPV(dr)

Navele de tip SPV pot fi înarmate dacă aparțin unei autorități guvernamentale sau fară armament dacă aparțin unei companii civile.
Navele FSIV sunt încadrate în categoria de nave rapide având elementele caracteristice ale acestora:

Forma

Formele acestor nave sunt adaptate navigației în glisare (planning) sau semi-glisare (semi-planning). În acest sens forma clasică este de tip V cu redane logitudinale, prova ascuțită şi pupa cilindrică (fig. 7.20). Cu cat V-ul formei este mai accentuat cu atât rezistența la înaintare creşte dar se îmbunătățeşte comportarea pe valuri. Unghiul recomandat (deadrise angle) este 10-25 grade. În funcție de tipul de propulsie, elice sau jet, pupa poate fi diferită pentru a fi adaptată la sistemul de propulsie.

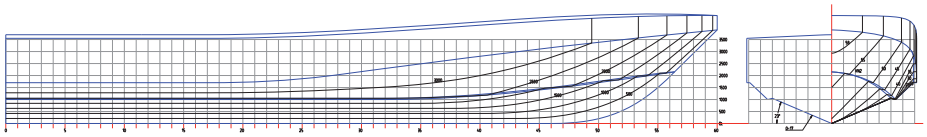


Fig. 7.20 – Forma tipică nava FSIV cu propulsie jet

O categorie specială de formă pentru nave FSIV o constituie patentul "Axe bow" dezvoltat de TU Delft, MARIN si DAMEN (fig.7.21). Această formă este proiectată astfel încât să împiedice glisarea provei la viteze mari (număr Froude în jur de 1). Lipsa glisării provei aduce avantaje mari la navigația în mare agitată prin reducerea semnificativă a accelerațiilor la bord, evitarea slaming-ului şi posibilitatea navigației cu viteza maximă pe mare agitată.

Fig. 7.21 – Forma de tip "Axe Bow"

Amenajarea

Amenajarea navelor FSIV ține cont de caracteristicile constructive şi de destinație. În cazul navelor de aprovizionare şi transport personal (fig.7.22), specifică este amenajarea punții principale, o zonă liberă extinsă pentru depozitare marfă (de regulă la pupa) şi o zonă pentru compartimentul personal. Sub puntea principală se amplasează compartimentul maşini, tancurile şi spațiile pentru echipaj. Puntea de marfa este protejată de o balustradă solidă (cargo rail) în care sunt amplasate şi aerisirile CM şi ieşirile de avarie.

Dat fiind caracterul de navă rapidă (de deplasament redus) sub punte nu se prevăd tancuri de marfă (apă, combustibil, lichide tehnologice) sau dacă se prevăd aceastea sunt de mici dimensiuni.

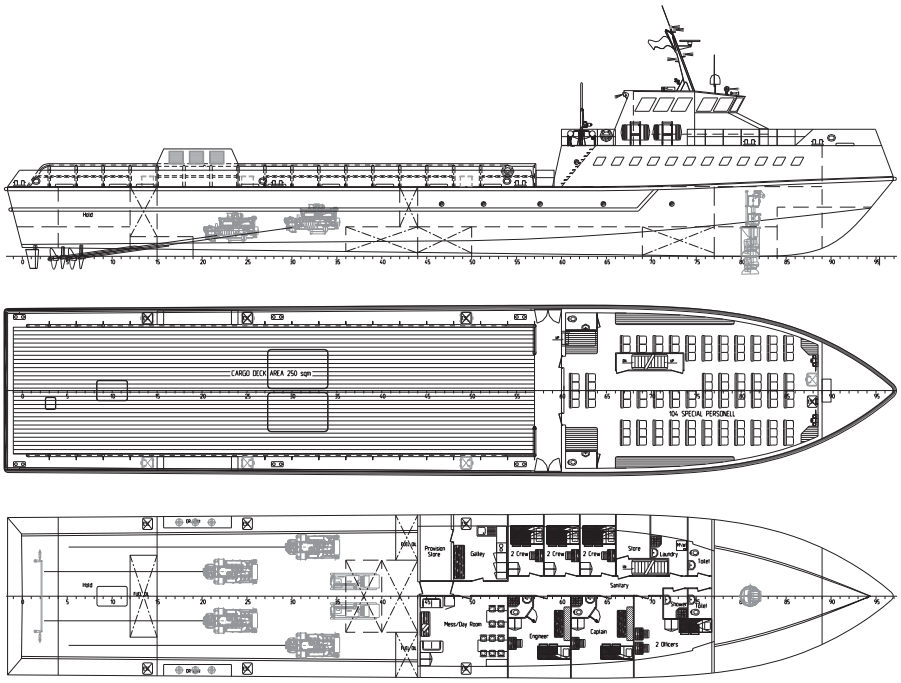


Fig. 7.22 – Plan general nava FSV-CB

Propulsia

Propulsia navelor FSIV este specifică navelor rapide şi anume motoare de mici dimensiuni şi puteri mari (uzual peste 1000 CP/motor) care antrenează 2-4 propulsoare de tip elice sau jet.

Motoarele sunt motoare rapide cu foarte bun raport putere/greutate (în jur de 0.5 kW/kg), chiar dacă pentru aceasta se aleg motoare cu rating mic (medium sau light).

Utilizarea elicelor ca propulsor este limitată de factorul de încărcare al elicelor şi de gabaritul acestora sub fundul navei. Diametrul elicelor este limitat datorită formei corpului şi a creşterii riscului de avarie al propulsoarelor aflate sub fundul navei. Pe de altă parte utilizarea de elice de diametru mic duce la scăderea randamentului şi la cavitație.

Utilizarea propulsoarelor cu jet are avantajul simplității constructive, compatibilitatea cu forma de glisor şi posibilitatea încărcării cu puteri mari. Dezavantajul constă în randamentul mic – în special la viteze de sub 25-30 noduri – şi a costurilor mai mari decât soluția cu elice.

Deplasamentul

Este cunoscut că principala problemă a navelor rapide o constituie greutatea. Pentru obținerea unor bune performanțe de viteză, cele două

rapoarte "putere/greutate" şi respectiv "suprafaţa portantă/greutate" trebuie să depăşească anumite valori critice (aceste valori care depind de formă, lungime, etc). În ambele cazuri o greutate redusă este benefică. Pentru reducerea deplasamentului se apelează la diferite soluţii din care se pot aminti:

- utilizarea materialelor de construcţie uşoare (aluminiu, materiale compozite)
- utilizarea de motoare cu foarte bun raport putere/greutate
- utilizarea de materiale uşoare la amenajări şi dotări
- simplificarea la maxim a soluţiilor constructive
- reducerea la minim a cantităţilor de rezerve (inclusiv utilizarea de generator de apă potabilă pentru reducerea cantităţii de apă potabilă ambarcate)
- diminuarea capacităţii de transport, etc.

Reguli aplicabile

Proiectarea si construcţia navelor FSIV se supune Regulilor din "International Code of Safety for High-Speed Craft" (HCS). Aceste reguli sunt aplicabile navelor peste 500 GRT care efectuează voiaje sub 8 ore durată şi în măsură în care este rezonabil, se pot aplica şi navelor sub 500 GRT.

Regulile HSC se referă la cerinţe de stabilitate, eşantionaj, maşini, sisteme de corp şi punte, instalaţii electrice, radiocomunicatii, sisteme de stabilizare şi control direcţional, etc.

Pentru navele de tip Crew Boat există reguli specifice (de exemplu în Bureau Veritas există "Rule Note NR 490 DTM R01 E"). De menţionat că navele CB nu sunt asimilate cu navele de pasageri dacă au mai puţin de 500 GRT, o lungime sub 45 m şi o viteză (în noduri) $v<7.16\ \Delta^{1/3}$.

Regulile conţin prevederi referitoare la corp, stabilitate intactă şi de avarie, dotări, maşini, instalaţii electrice şi protecţia împotriva incendiului şi sunt în general mai relaxate decât prevederile HSC pentru nave rapide de pasageri.

7.10 Caracteristici generale ale navelor OSV

Exceptând navele rapide şi navele de stocare tip FPSO şi navele rapide de intervenție, restul navelor OSV au o serie de caracteristici generale care se regăsesc în mod curent la toate tipurile (PSV, AH, OSCV, chiar şi SV). Aceste caracteristici specifice sunt datorate condițiilor de lucru şi funcțiilor pe care trebuie să le îndeplinească aceste nave. Astfel, caracteristice la navele OSV sunt:

- navigația în orice condiții meteo, inclusiv deosebit de severe
- puterile mari instalate atât pentru propulsie cât şi pentru echipamente
- sarcinile mari la care este supus corpul navei din valuri, greutăți concentrate şi operare.
- dotarea cu sisteme de tip DP (dynamic positioning),
- dotarea cu echipamente grele – vinciuri şi macarale de mare capacitate
- necesitatea unei punți libere pentru lucru şi depozitare, etc.

Dat fiind specificitatea acestor nave, ele se proiectează după reguli distincte. Toate Societățile de clasificare, în special DNV, au capitole speciale pentru navele de suport offshore. Ca exemplu a se vedea DNV - PART 5 cu secțunile specifice: Section 2 OSV; Section 3 AH; Section 4 – PSV; Section 19 Cable Layer, Section 20 Pipe Layer; Section 24 SV

7.10.1 Elemente de dimensionare

Dimensiunile sunt în general medii, cu lungimi începând de la 60-70 metri până la 120-150 metri. Deşi din punct de vedere hidrodinamic se doreşte mărirea lungimii la plutire, lungimea este limitată atât de Reguli cât şi de client, fiind un factor important în cost.

Deplasamentul navei este de asemeni limitat din condiții de coliziune cu platformele.

Din condiții de stabilitate şi amenajare lățimea este mare, în consecință rapoartele între dimensiuni sunt diferite de ale navelor de marfă, se optează în general pentru valori mari ale raportului B/T şi valori mici ale raportului L/B, mai apropiate de remorchere.

Din condiții de nescufundabilitate, rezistența corpului şi amenajare, bordul liber este peste limitele impuse de Load Line

Greutatea specifică a navei goale (Deplasament/(LxBxD)) este mai mare ca la navele de marfă, fiind în zona remorcherelor, 150 – 250 kg/m^3.

7.10.2 Forma

În general navele OSV au pupa Pram care să faciliteze amplasarea thrusterelor, o zona clinidrică redusă, chiar inexistentă din motive de finețe

a formei (fig. 7.23). Specifică este forma prova şi puntea teuga unde formele sunt optimizate pentru a avea buna rezistența la inaintare şi bune calități de seakeeping atât în apa calmă cât şi pe valuri înalte. Puntea expusă la prova este cel puțin 2-3 etaje deasupra punții principale, iar la navele moderne teuga este protejată pentru a evita ambarcarea de apă pe puntea deschisa. Au apărut şi inovații recente care să îmbunătățească cât mai mult comportarea acestor nave (fig. 7.24).

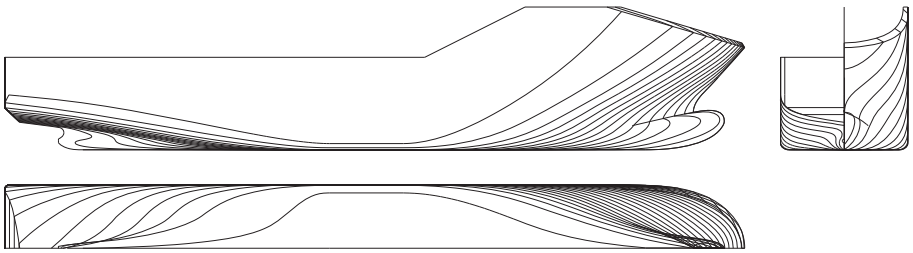
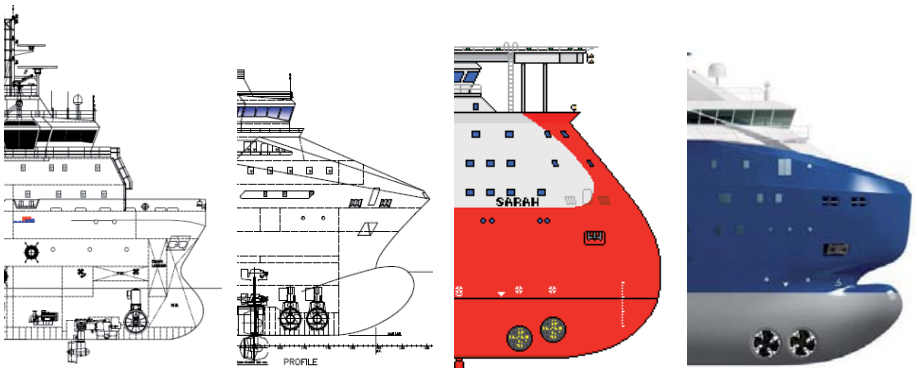


Fig. 7.23 – Plan de forme tipic nava OSV



Clasic | Teuga protejata | X-Bow (Ulstein) | Ecorizon (STX Europe)

Fig. 7.24 – Forme prova tipice la navele OSV

7.10.3 Sistemul de poziționare dinamică

Sistemul DP reprezintă completul de elemente şi instalații necesare poziționării dinamice a navei. Rolul acestui sistem este de a menține nava la punct fix sau pe curs prestabilit împotriva perturbațiilor externe – vânt, valuri, curent, gheață, tracțiunea în parâma de remorcă, reacțiunea monitoarelor Fi-Fi, etc. - fără a folosi alte sisteme decât cele de propulsie (fără ancorare, legare, etc.) – figura 7.25

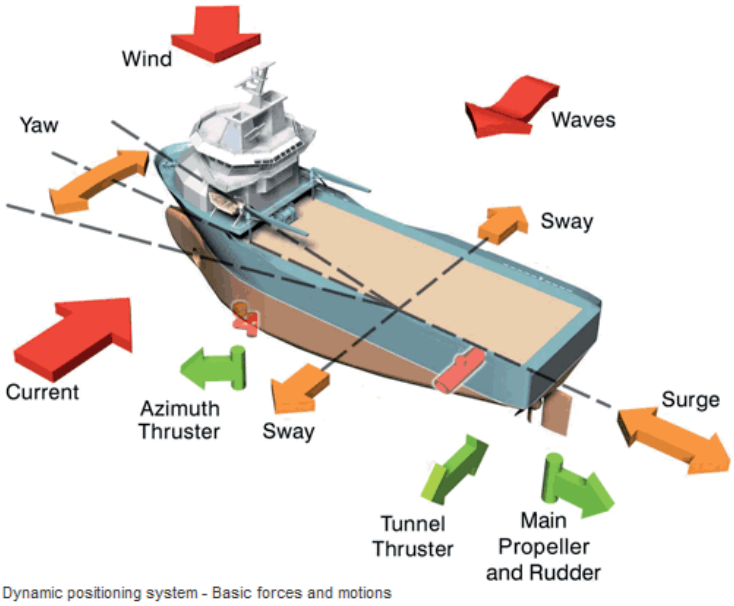


Fig. 7.25 – Forţele externe, reactive şi mişcările în cadrul sistemului de poziţionare dinamică

SPD este compus din:

- Sistemul de generare a puterii (mecanice sau electrice): motoare, generatoare, tablouri de distribuţie, sistemele de cabluri şi tubulaturi asociate;
- Sistemul de propulsie şi direcţie: propulsoare laterale, propulsoare pupa şi sistemul de guvernare, sistemul de control al propulsiei;
- Sistemul de control-DP: sistemul de calculatoare/joystick; sistemul de senzori; sistemul de operare; sistemul de poziţionare.

Calculatorul primeşte semnale de la sistemul de poziţionare (GPS, transponder, RadaScan etc.) şi de la sistemul de senzori care măsoară mişcarea navei, vântul, curentul etc. Pe baza acestor informaţii, pe baza unui model matematic calculatorul comandă acţionarea propulsoarelor, a thrusterelor prova şi pupa astfel încât nava să se menţină la punct fix sau să păstreze un curs prestabilit. Sistemul include modelarea următoarelor (fig. 7.26):

- forţele externe
- comportarea hidrodinamica a navei
- acţiunea trusterelor
- bucla de control

Rezultatele analizei constau în determinarea mişcării navei precum şi a puterii necesare în fiecare moment.

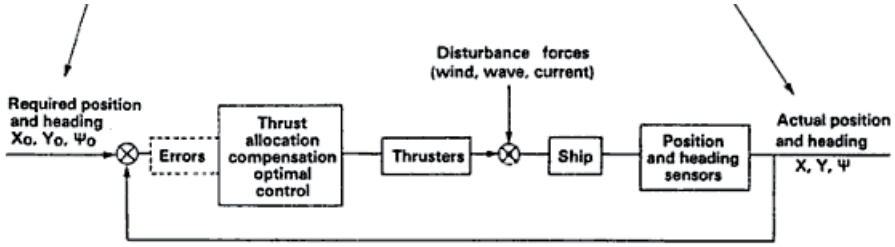


Fig. 7.26 – Schema bloc simplificată a sistemului de poziționare dinamică

Din punct de vedere al Societăților de Clasificare, sistemele de poziționare dinamică se împart în următoarele categorii:

- în funcție de controlul poziționării:
  - modul SAM (semi-automat) în care poziționarea se realizează de operator prin comanda integrată a trusterelor cu ajutorul unui joystick, iar operatorul este informat în permanență asupra poziției şi mişcărilor navei precum şi asupra forțelor de propulsie.
  - modul AM (automatic mode) în care poziționarea se realizează automat de sistem
  - modul AT (automatic tracking) în care sistemul este capabil să realizeze în mod automat menținerea navei pe un curs stabilit
- în funcție de redundanța sistemului:
  - Clasa 1 în care sistemul îşi pierde capabilitățile de poziționare în cazul defectării unui echipament
  - Clasa 2 în care sistemul îşi menține capabilitățile de poziționare în cazul defectării unui echipament activ (generator, truster, tablouri, sisteme de comandă, etc.)
  - Clasa 3 în care sistemul îşi menține capabilitățile de poziționare în cazul defectării unui întreg grup de echipamente aflate în acelaşi compartiment (în caz de incendiu sau inundare). Pentru îndeplinirea acestei clase, toate echipamentele sunt dublate şi separate prin amplasare în compartimente diferite.

7.10.4 Propulsia şi sistemele energetice

Navele de suport offshore sunt dotate cu instalații de propulsie puternice. În mod uzual propulsia este cu linie de axe şi elici în duze sau cu propulsoare azimutale, Existența unor sisteme sofisticate de manevrabilitate (poziționare dinamică), şi existența unor echipamente de forță (vinciuri, macarale, etc.) face ca necesarul de putere auxiliară să fie mare, comparabil cu puterea de propulsie. În aceste condiții, arhitectura sistemului energetic este un element definitoriu în eficiența navei. Există două opțiuni extreme (cu variante între acestea):

- Arhitectura "clasică" prin existența unor surse energetice distincte pentru fiecare consumator: propulsie, thrustere, vinciuri, pompe de incendiu etc. Aceste surse pot fi motoare cu acționare directă sau generatoare electrice.
- Arhitectura integrată prin existența unei surse energetice centralizate – de regulă generatoare electrice – şi un sistem de distribuție a energiei către fiecare consumator. Aceasta presupune că toți consumatorii au acelaşi tip de acționare (electrică), inclusiv propulsia. În fig. 7.27 este prezentată schema unui astfel de sistem integrat. Energia este asigurată de 4 diesel-generatoare şi alimentează sistemul de propulsie, thrusterele şi consumatorii auxiliari. Distribuția se face prin tabloul principal de distribuție şi tablouri locale, modificarea tensiunii se face cu transformatoare, iar modificarea frecvenței cu convertizoare de frecvență. Randamentul global al unui astfel de sistem este de 90-92% în funcție de numărul de componente.

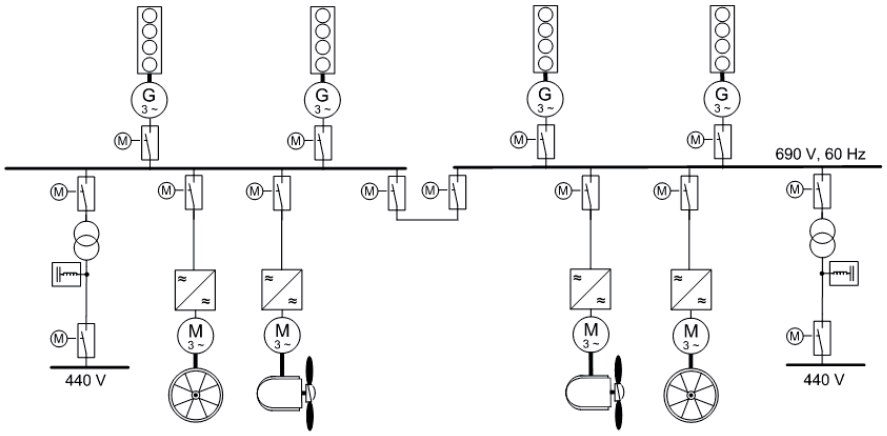


Fig. 7.27 – Configurația sistemului energetic diesel-electric integrat la o navă OSV

Avantajul unui sistem integrat rezultă din reducerea numărului de surse energetice şi flexibilitatea distribuției. Sistemul energetic integrat este controlat de aşa-numitul "power management system". Acesta asigură:

- pornirea/oprirea unor generatoare în funcție de necesarul de putere din acel moment
- distribuția încărcării active şi reactive pe generatoare
- oprirea unor consumatori în caz de supra-sarcină
- distribuția energiei în caz de avarie

7.10.5 Alte elemente specifice navelor tip OSV

Puntea pupa:

Puntea expusă la pupa (de obicei puntea principală) este punte de lucru şi din acest motiv trebuie să fie cât mai extinsă şi liberă de obstacole. Sarcina datorată mărfii folosită la eşantionarea acestei punți este de minim 1.5t/m^2 la care se adaugă 80% din presiunea de calcul dată de val. În mod uzual sarcina totală luată în calcul este de 5-10 t/m^2. Suprafața şi sarcina totală pe puntea de lucru sunt cerințe de contract. Grosimea minimă a tablei punții este de 8 mm (uzual 12-15 sau chiar 20 mm) iar la navele PSV puntea de lucru se protejează cu lemn. La navele AH, în zona de depozitare a ancorelor se foloseşte tablă îngroşată (40-50 mm) pentru a evita distrugerea şi uzura punții în timpul manevrării ancorelor. Puntea de lucru este prevăzută cu parapet sau balustradă înaltă pentru a oferi o protecție sporită echipajului care lucrează în această zonă.

Sisteme de transfer personal

Transferarea persoanelor de pe navă pe platformă sau de la navă la navă reprezintă o acțiune curentă în operarea offshore. Oricare ar fi sistemul utilizat, acesta trebuie să ia în considerare securitatea persoanelor în condiții de transfer în mare deschisă, sub acțiunea vântului iar atât nava de plecare cât şi cea de destinație execută mişcări oscilatorii. Sunt utilizate următoarele sisteme:

- ambarcațiuni de transfer
- nacela manevrată cu macaraua de bord (fig. 7.28-st.)
- pasarele, fixe sau cu compensatori de mişcare; aceasta din urmă este prevăzută cu senzori de mişcare a navei şi cu cilindri hidraulici care prin mişcare față de navă compensează mişcările de ruliu tangaj şi verticale, astfel încât capătul de debarcare rămâne fix în raport sistemul geodezic. (fig. 7.28-dr)

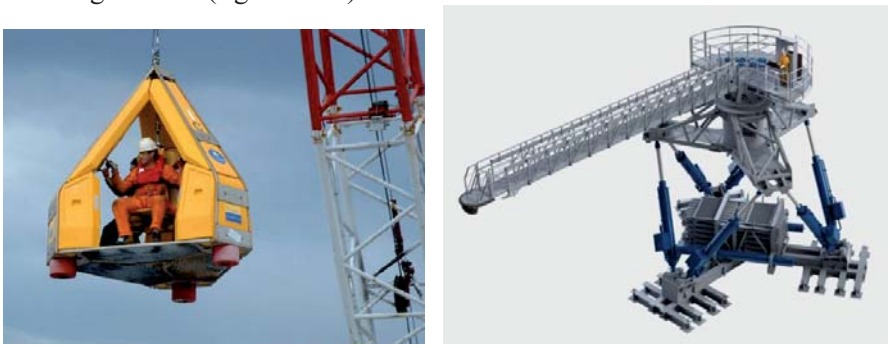


Fig. 7.28 – Transfer cu nacela tip "frog" (stânga) şi pasarela cu compensatori (dreapta)

Platforma de elicopter

Majoritatea platformelor şi multe din navele OSV sunt dotate cu platforme de elicopter. Acestea sunt destinate transferului de personal, evacuării medicale, operațiunilor de salvare, aprovizionării de urgență, etc. Amplasarea pe navă a acestor platforme nu trebuie să stânjenească vizibilitatea din timonerie şi să ofere cât mai mult spațiu pentru manevra elicopterului. Construcția acestor platforme se supune regulilor specifice (ex. DNV-OS-E401- Helicopter Decks) din punct de vedere al structurii, sarcinilor de calcul, sistemelor de stins incendiu, căi de acces, etc.

Sisteme anti-ruliu

Pentru reducerea amplitudinii oscilațiilor de ruliu – necesară în cazul activității în condiții meteo dificile – pe multe din navele OSV se prevăd sisteme de amortizare a ruliului. Aceste sisteme de amortizare constau în chile de ruliu şi/sau tancuri anti-ruliu, sisteme care sunt eficace indiferent de viteza navei. Nu se folosesc sisteme de tip aripioare anti-ruliu.

Amenajări

Navele de suport offshore sunt în general construite cu suprastructura la prova iar compartimentul de maşini se găseşte în general tot în prova, iar în majoritatea cazurilor este nesupravegheat (nu presupune prezența permanentă a echipajului). Timoneria este de mari dimensiuni, existinsă pe toată lățimea navei şi cu vizibilitate 360 grade. Amenajarea şi dotările timoneriei respectă cerințe speciale în conformitate cu notația de clasă.

Sistemul de ancorare

Navele OSV se dotează cu un sistem de ancorare mai puternic şi dotat cu ancore şi lanțuri alese cu două trepte mai sus şi cu lungimea mai mare cu 85% decât în cazul cerințelor normale de Clasă.

Construcție CLEAN SHIP

În cadrul preocupărilor de reducere a riscurilor de poluare pentru navele de tip OSV (dar nu numai) s-a definit notația de clasă (ex. DNV – CLEAN si CLEAN DESIGN). Această notație presupune că nava respectă cerințe specifice privind:

- emisiile în aer - NOx, SOx, agenți frigorifici, agenți de stins incendiu, evaporare de cargo, incineratoare;
- deversările în mare – cargo, balast, bilge, ape uzate, gunoi;
- contaminarea apei de mare – vopsea antivegetativă, lubrefiere linii de arbori, spălare punți
- reciclarea navei dupa scoaterea din uz
- protecția la poluare în caz de avarie

Această ultimă cerință se traduce în obligația de a construi şi compartimenta nava în aşa fel încât în caz de spargere a învelişului să nu aibă loc deversări de substanțe poluante. Nava va fi construită cu dublu înveliş, iar tancurile cu substanțe poluante (cargo, bilge, combustibil, etc.) vor fi amplasate în interiorul dublului înveliş. În fig 7.29 se prezintă cerința privind distanțele minime ale dublului înveliş conform DNV, unde

w = 0.4 + 2.4 C/20 000 m (C = volumul tancului)

h = min (2 m, B/20) dar minim 0.76 m

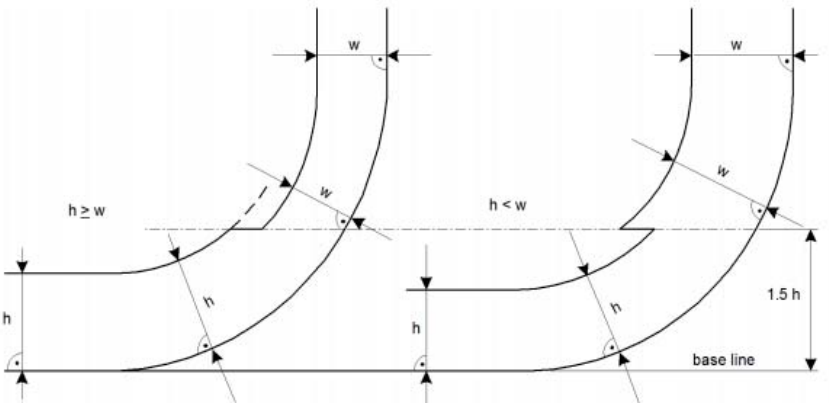


Fig. 7.29 – Dublu inveliş conform CLEAN DESIGN

7.10.7 Dotări opționale ale navelor de support offshore:

- sisteme de stins incendiu: pompe, tanc de spumă, tunuri de apă/spumă;
- sisteme de depoluare: skimmer colector, tancuri de depozitate, baraj antipoluant, instalație de împrăştiere dispersanți, sisteme de colectare reziduri solide de la suprafață, etc.;
- sisteme de încărcare-descărcare-transport: macara, spațiu liber pe punte, tancuri de cargo;
- sisteme de salvare şi asistența medicală: sistem de scos om din apă, zona de salvare, zona de ambarcare în elicopter, cabinet medical, spații pentru supraviețuitori, echipamente medicale;
- spargător de gheață: forma specifică, corp întărit, propusie adaptată navigației prin gheață, sisteme de degivrare.

7.10.8 Cerințe de stabilitate pentru nave de suport offshore:

Manualul de stabilitate va conține informațiile necesare pentru demonstrarea îndeplinirii cerințelor de stabilitate intactă şi de avarie.

Cazurile de încărcare analizate sunt cele standard:

- nava la plină încărcare, plecare (100% rezerve) şi sosire (10% rezerve) şi încărcătura sub punte şi pe punte corespunzător celei mai nefavorabile situații
- nava în balast plecare şi sosire

În plus se vor analiza condiții de operare specifice tipului de navă:
- nava în cea mai defavorabilă situație de operare
- nava în condiții de remorcaj sau de operare cu vinciuri şi/sau macarale

În toate cazurile se va ține cont de efectul suprafețelor libere, efectul încărcăturii pe punte asupra ariei velice, absorbția de apă a încărcăturii pe punte (țevi, lemn), acumularea de gheață pe punte, etc.

În cazul în care nava este de tip AHT, dacă este cazul se vor considera şi normele specifice pentru acest tip de navă (v. cap 2.6).

Stabilitatea de avarie se abordează deterministic sau probabilistic în funcție de dimensiunile şi destinația navei. Pentru navele mai mari de 80 metri se pot aplica şi regulile generale de stabilitate de avarie. Navele care au în afară de echipaj şi personal de specialitate trebuie să respecte cerințele codului IMO pentru Special Purpose Ships.

Pagina para alba

BIBLIOGRAFIE

A. Reguli si Regulamente

1. AMERICAN BUREAU OF SHIPPING
   - Rules For Building And Classing Steel Vessels 2008
   - Guide For The Mooring Of Oil Carriers At Single Point Moorings R 2010
   - Rules For Building And Classing Steel Floating Dry Docks 2009
   - Guide For Vessels With Oil Recovery Capabilities 2006
2. BUREAU VERITAS
   - Rules for the Classification of Steel Ships - NR 467.A1 DT R11 E – 2013
   - Rules for the Classification of Inland Navigation Vessels - NR 217.A1 DNI R03 E – 2011
   - Standby Rescue Vessels - RULE NOTE NR 482 - 2002
   - Rules for the Classification of High Speed Craft - NR 396 UNITAS R02 E - 2002
   - Rules for the Classification of Floating Establishments - NR 580 DNI R00 E - 2012
   - Rules for the Classification and Certification of Lifting Appliances of Ship and Offshore Units – NI 184 – 2010
   - Rules for the Classification of Crew Boats - NR 490 DTM R01 E – 2005
   - Floating Dock - NR 475 DTM R00 E - 2001
3. DET NORSKE VERITAS
   - Rules for Classification of Ships, 2013
   - Rules for classification of High Speed, Light Craft and Naval Surface Craft - 2012
4. DANISH MARITIME AUTHORITY
   - Technical regulation on the stability, buoyancy, etc. of houseboats and floating structures - 2007
5. ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE
   - European Agreement Concerning The International Carriage Of Dangerous Goods By Inland Waterways (ADN) – Ece/Trans/220 – 2011
6. INTERNATIONAL ASSOCIATION OF CLASSIFICATION SOCIETIES
   - Requirements concerning MOORING, ANCHORING AND TOWING - 2007
   - UR-I2 Structural Requirements for Polar Class Ships
7. INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION
   - SOLAS - Consolidated Edition 2009
   - MARPOL - Consolidated Edition 2006
   - COLREG - 2006
   - Resolution Msc.266(84) - Code Of Safety For Special Purpose Ships, 2008

- Resolution Msc.97(73) - International Code Of Safety For High-Speed Craft, 2000
- Resolution Msc.143(77) - Adoption Of Amendments To The Protocol Of 1988 Relating To The International Convention On Load Lines, 1966 , 2003
- CLASSIFICATION of offshore industry vessels and consideration of the need for a Code for offshore construction support vessels - 2011
- MSC/Circ.1056 Guidelines for ships operating in arctic ice-covered waters – 2002
- A831 (19) Code of Safety for Diving Systems

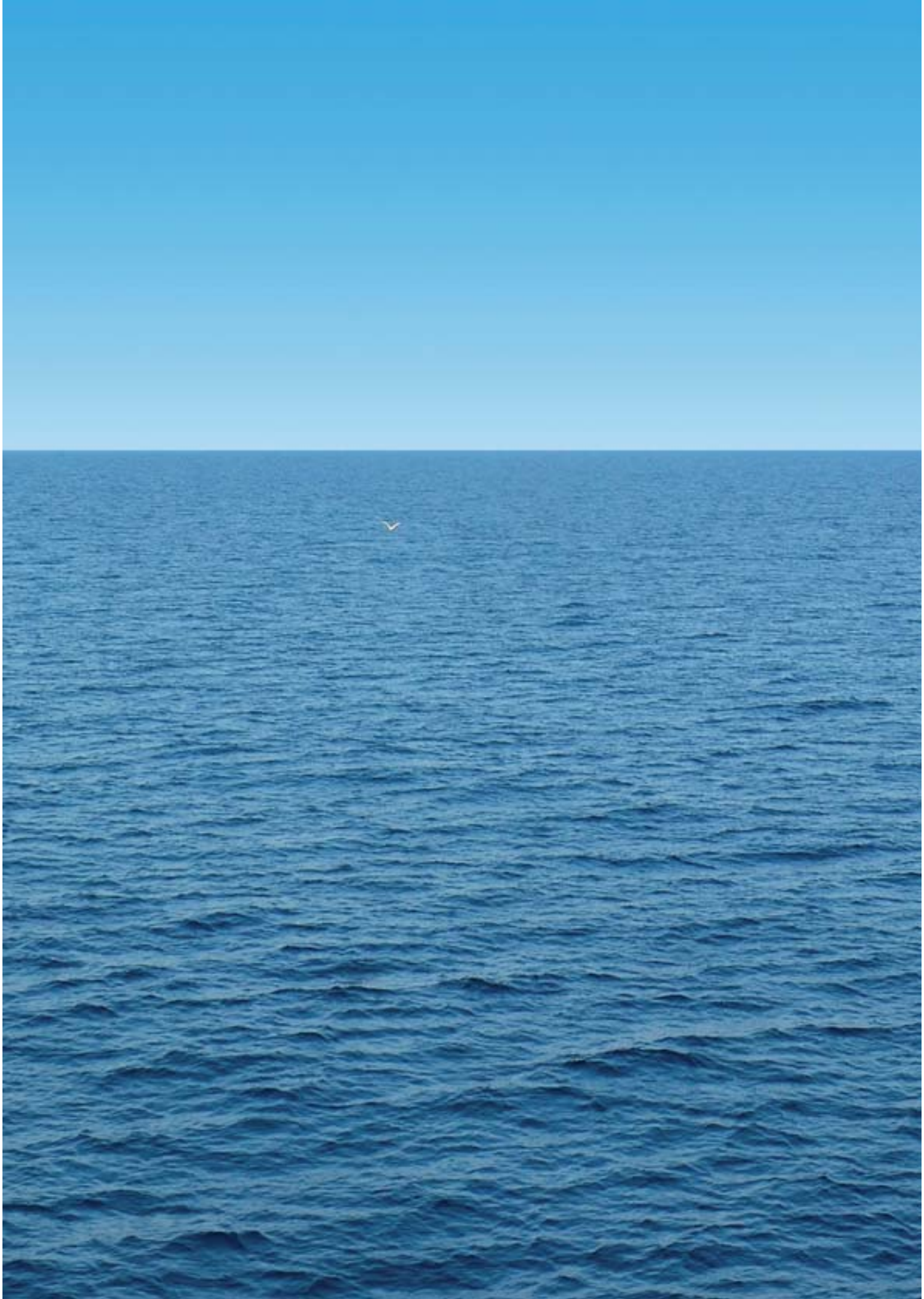
8. MINISTER OF SUPPLY AND SERVICES, CANADA
   - TP 12260 - Equivalent standards for the construction of arctic class ships – 1995
9. MONITORUL OFICIAL AL ROMÂNIEI, PARTEA I, Nr. 672 bis/2.X.2007
   - Regulament de navigație pe Dunăre în sectorul Românesc
10. NETHERLANDS SHIPPING INSPECTORATE
    - Guidelines for the assignment of reduced freeboards for dredgers, DR-68 - 2010
11. NORWEGIAN MARITIME DIRECTORATE
    - Guidelines for revision of ism-manuals on supply ships and tugs used for anchor handling regarding the immediate measures issued by NMD.
12. OFFICIAL JOURNAL OF THE EUROPEAN UNION
    - Directive of the European Parliament and of the Council laying down technical requirements for inland waterway vessels (2006/87/EC)
13. US COAST GUARD
    - Code of Federal Regulations

B. Publicații

14. Arie de Jager
    - New Stability Requirements for Hopper Dredgers and Their Effect on the Design - IHC
15. CESA/SEA
    - Annual Report 2010-2011
    - Annual Report 2011-2012
16. G. de Jong
    - Classification of Dredgers – Technical & Regulatory Developments – Bureau Veritas
17. Lucian Manolache,
    - Nave Tehnice, Universitatea din Galati, 1982
18. Victor Gibson
    - The History of Supply Ship, La Madrila Press 2007
19. International Tug & OSV
    - 2010 – 2013 collection

C. Web

20. M. van der Laan IMC
    - Carrousel Tug Design
21. A.V. Bushuyev
    - SEA ICE NOMENCLATURE
22. Internet
    - Wikipedia
    - Pagini web de specialitate
23. Noble Denton International Ltd
    - Guidelines for the Approvability of Towing Vessels
24. STEERPROP
    - DESIGNERS' CHECKLIST No. 1 Azimuth Stern Drive Tugs (ASD) – 2001
    - DESIGNERS' CHECKLIST No. 2 Offshore Support Vessels - 2001
    - BOLLARD PULL TRIAL CODE for Tugs with Steerprop Propulsion - 2001
    - AZIMUTH PROPULSION for ice-going and arctic vessels - 2004
25. W. J. Vlasblom, TU Delft
    - Designing Dredging Equipment
    - Trailing Suction Hopper Dredger
    - Cutter Suction Dredger
    - Bucket (Ladder) Dredger
    - The barge unloading/reclamation Dredger
    - Dredge pumps
    - Cutting of rock

D. Proiecte si baze de date

26. SHIP DESIGN GROUP
    - Baza de date proiecte
27. SHIPYARD K. DAMEN
    - Baza de date proiecte